



# Joustavien putkien valmistus- prosessin kehittäminen

Kasper Kauppinen

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2023

Autotekniikka  
Työkonetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Autotekniikka  
Työkonetekniikka

KAUPPINEN, KASPER:

Joustavien putkien valmistusprosessin kehittäminen

Opinnäytetyö 71 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Toukokuu 2023

---

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Agco Power Oy Linnavuoren moottoritehdas. Työssä kehitetään tehtaan putkiosastolla valmistettavien joustavien putkien lopukokoonpanotuotantoa. Joustavia putkia käytetään uusissa Core-moottoreissa estämään moottorin värinästä johtuvaa räsitusta eri komponenttien välillä. Putken joustavana osana käytetään teräspunosletkua. Kehityskohteita ovat erilaisten layout-vaihtoehtojen suunnitteleminen uuteen kokoonpanotilaan. Suunniteltavat layoutit eroavat toisistaan varastointitavan mukaan. Lisäksi kokoonpanoon tulee valita uusi leikkuri teräspunosletkujen katkaisuun.

Työssä käsitellään layout-suunnitteluun liittyviä käsitteitä ja eri layout-tyyppejä sekä niiden käyttökohteita. Työssä kerrotaan myös lean-ajattelumallista, jolla on keskeinen rooli layout-suunnittelussa. Lisäksi esitellään tuotannon varastoihin vaikuttavia tekijöitä. Työssä selvitetään joustavien putkien valmistusvaiheet sekä kuvataan kehityskohteet, joiden pohjalta suunnittelua tehdään. Työssä esitellään valittu leikkuri sekä suunnitellut layout-vaihtoehdot.

Layouteihin tulevista laitteista mallinnettiin pelkistetyt 3D-mallit, jotka sijoitettiin uudesta tilasta tehtyihin kokoonpanomalleihin. Kokoonpanomalleissa määritettiin laitteiden paikat ja nähtiin niiden vaatima tilantarve. Laitteet mallinnettiin Solidworks-ohjelmalla. Kokoonpanomallit tehtiin Visual Components -ohjelmalla, jossa nähtiin hahmotelma siitä, miltä tuotantotilat tulisivat todellisuudessa näyttämään. Kokoonpanomallien perusteella laadittiin layout-vaihtoehdot. Suunnitellut layoutit liitettiin osaksi koko putkiosaston layoutia Autocad-ohjelmalla.

Työn tulosten perusteella Agco Power voi valita heille parhaiten soveltuvimman layoutin kolmesta toiminnaltaan erilaisesta layout-vaihtoehdosta. Valitun layoutin perusteella uutta joustavien putkien kokoonpanosolua voidaan alkaa toteuttamaan. Layout-suunnitelma toimii pohjana kokoonpanosolun toiminnalle. Solua tulee jatkokehittää samalla kun joustavia putkia valmistetaan, jotta toimivuudesta voidaan varmistua.

---

Asiasanat: layout, lean, valmistusprosessi, putki, letku, varastointi

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Vehicle Engineering  
Industrial Vehicle Engineering

KAUPPINEN, KASPER:

Development of the Manufacturing Process for Flexible Pipes

Bachelor's thesis pages 71, appendices 4 pages  
May 2023

---

This thesis was commissioned by Agco Power Oy Linnavuori engine factory. The aim of the thesis was to develop the manufacturing process of the final assembly for flexible pipes that are manufactured in the pipe department. Flexible pipes are used in new Core engines to prevent stress caused by engine vibrations between some of the components. Steel braided hose is used as the flexible part of the pipe. The development focused on designing new layout options for final assembly. The layout options have different kinds of storage solutions. The assembly also needs a new cutter for cutting the steel braided hoses.

This thesis discusses different concepts regarding layout designing and different layout types as well as their functions. Lean thinking is introduced since it plays an important role in layout designing. Factors affecting the storage solutions in production are also introduced. The production processes of the flexible pipes are explained, and the focuses of the development are discussed. The chosen cutter and the designed layout options are presented in the thesis.

Simplified 3D-models of the machines which are part of the layouts were made. The models were placed in an assembly of the new production area. The models were located in the assembly which showed how much space the models require. The 3D-models were created using Solidworks software. The assembly was made using Visual Components software. The assembly showed a draft of what the production area would look like. The layout options were designed based on the assembly. The layout designs were combined with the pipe department's layout using Autocad software.

Based on the results of the thesis Agco Power can decide which layout of the three options is most suitable for their needs. The production area can be altered according to the chosen layout. The layout design works as the basis of the production area's functionality. The production area's layout must be developed further when the manufacturing of the flexible pipes begins in order to guarantee its functionality.

---

Key words: layout, lean, manufacturing process, pipe, hose, storage

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	AGCO POWER OY .....	6
3	LAYOUT-SUUNNITTELU .....	7
	3.1 Funktionaalinen layout .....	7
	3.2 Tuotantolinja-layout.....	9
	3.3 Tuotantosolu-layout.....	10
	3.4 Suunnittelussa huomioitavat asiat.....	12
4	LEAN-TOIMINTAMALLI .....	13
	4.1 Toyotan tuotantojärjestelmä .....	13
	4.2 Just-In-Time tuotantoperiaate .....	14
5	TUOTANNON VARASTOT .....	15
6	JOUSTAVIEN PUTKIEN TUOTANTOVAIHEET .....	17
	6.1 Joustava putki adapteriliittimellä.....	18
	6.2 Joustava putki, jossa kaksi taivutettua osaa .....	28
	6.3 Ohut joustava putki .....	30
	6.4 Kumiletkut .....	33
7	TUOTANNON KEHITYSKOhteet .....	35
	7.1 Teräspunosletkun katkaisu .....	35
	7.2 Nykyiset tuotantotilat.....	36
8	UUDEN LEIKKURIN VALINTA .....	39
9	UUDEN LAYOUTIN SUUNNITTELU .....	42
	9.1 Tilat ja laitteet.....	42
	9.2 Layout läpivirtaushyllyillä.....	44
	9.3 Layout automaattivarastolla .....	52
	9.4 Layout kärryillä .....	55
	9.5 Säästetty aika.....	60
10	POHDINTA .....	63
	LÄHTEET.....	66
	LIITTEET .....	68
	Liite 1. Alkuperäinen layout.....	68
	Liite 2. Layout läpivirtaushyllyillä .....	69
	Liite 3. Layout automaattivarastolla.....	70
	Liite 4. Layout kärryillä .....	71

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kehittää joustavien putkien valmistusprosessia Agco Powerin Linnavuoren moottoritehtaan putkiosastolla. Joustavia putkia käytetään uusissa Core-moottoreissa estämään värinäästä johtuvaa rasitusta moottorin eri komponenttien välillä. Joustavana osana putkissa käytetään teräspunosletkua. Joustavat putket ovat putkiosastolla uusi tuoteperhe, jolle ei ole vielä määritetty selkeää loppukokoonpanoa. Kehityskohteita ovat uuden layoutin suunnittelu ja uuden leikkurin etsiminen joustavien putkien loppukokoonpanoon. Nykyiset tilaratkaisut ovat puutteelliset eikä nykyinen leikkuri sovellu kunnolla teräspunosletkujen katkaisuun.

Uuden layoutin tavoitteena on pienentää työpisteiden välimatkoja sekä sujuvoittaa tuotantoa. Tarkoituksena on selvittää nykyiset tuotantomenetelmät sekä esitellä kehitystä vaativat kohteet. Työn pohjalta Agco Power saa kolme eri layout-vaihtoehtoa, joista yritys voi valita itselleen parhaiten soveltuvimman. Layout-vaihtoehdot eroavat toisistaan välivarastointitavan mukaan. Kaikkiin layouteihin sijoitetaan loppukokoonpanossa käytettävät laitteet sekä valittu leikkuri.

Työn alkupuolella käydään läpi Agco Power -yrityksen taustaa sekä kerrotaan layout-suunnittelun teoriasta. Alussa käydään läpi myös lean-ajattelua, jolla on keskeinen rooli layout-suunnittelussa. Lisäksi kerrotaan tuotannon varastoinnin piirteistä. Työssä esitellään joustavat putket ja niiden tuotantovaiheet. Suunnittelu tehdään loppukokoonpanon kehityskohteiden perusteella.

## 2 AGCO POWER OY

Agco Power on yksi maailman johtavista dieselmoottorien valmistajista, jonka tuotantolaitoksia on Nokian Linnavuoren moottoritehtaan lisäksi Kiinassa, Brasiiliassa ja Argentiinassa. Agco-konserni syntyi, kun Deutz Allis ostettiin saksalaislähtöiseltä Klöckner-Humboldt-Deutz AG:ltä, joka oli viisi vuotta aiemmin ostanut osan maatalouskonevalmistajasta Allis-Chalmersista. Agco osti vuonna 2004 Valtran traktoriliiketoiminnat sekä Sisu Dieselin moottoritehtaat Suomessa ja Brasiiliassa. Yhdistymisen myötä aiemmin tunnetun Sisu Dieselin nimi vaihtui vuonna 2008 Agco Sisu Poweriksi ja jälleen vuonna 2012 Agco Poweriksi. (Agco Power 2022a.) Agco Powerin moottoritehdas on toiminut yli 70 vuotta Nokian Linnavuorella. Linnavuoren tehtaassa työskentelee noin 700 henkilöä ja tehdas tuottaa vuodessa noin 30 000 dieselmoottoria. (Agco Power 2022b.)

Agco Powerin moottoreita käytetään monien traktorimerkkien sekä maatalouskoneiden voimanlähteinä. Tuotevalikoimaan kuuluvat myös generaattorit, pumppaamot, voimalat sekä useat laivan moottorit. Näiden lisäksi Agco Power valmistaa vaihteistojen ja voimansiirron komponentteja. Agcon tuotteita myydään yli 3000 jälleenmyyjän välittämänä yli 140 maassa ympäri maailman. Agcon tuotemerkkejä ovat muun muassa Massey Ferguson, Fendt, Valtra, Challenger, Gleaner, Hesston, Rogator, Terragator ja Spra-Coupe. (Agco Power 2022a.)

### 3 LAYOUT-SUUNNITTELU

Tuotannon layout-suunnittelu tarkoittaa tapaa, jolla tehtaan laitteet ja toiminnot on sijoitettu suhteessa toisiinsa. Näiden sijoittelu määrittää tuotannon virtauksen. Layout-suunnittelu on tärkeää, koska huonosti suunniteltu layout voi aiheuttaa pitkiä prosessiaikoja, joustamattomia toimintoja, epätehokkaan materiaalivirran ja lisäkustannuksia. Layoutin muuttaminen jälkikäteen on hankalaa ja kallista, koska tuotanto pitää pysäyttää muutoksen ajaksi ja tuotantoaikaa menee hukkaan. Layout-suunnittelussa tulee huomioida joustavuus muutosten tarpeelle tulevaisuudessa. (Slack, Cambers & Johnson 2010, 179.) Esimerkiksi tilantarve laitteille voidaan määrittää nykyistä tarvetta suuremmaksi, jos ennustetaan, että tulevaisuudessa tuotteen menekki ja valmistusmäärät kasvavat.

Yrityksen tulee investoida koneisiin ja laitteisiin sekä valmistusmenetelmien ja prosessien suunnitteluun, jotta voidaan saavuttaa tavoitteellinen kapasiteettitaso. Tuotantoprosesseissa nämä on suunniteltava niin, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin tuotannon vaatimuksia ja tavoitteita. Tuotantoprosesseissa tarvittava laitekanta on monesti kiinteästi paikallaan ja vaikeasti liikuteltavaa, joten niiden sijoittelu kannattaa järjestää suuria ja toistuvia materiaalivirtoja ajatellen. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänen 2018, 155.)

Layout tarkoittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tuotantolaitoksessa. Näitä osia ovat muun muassa koneet, laitteet, osaprosessit, kulkureitit sekä varastopaikat. Laitteiden sijoittelun ja työnkulun kannalta toisistaan eroavia layout-tyyppejä ovat funktionaalinen layout, tuotantolinja-layout ja tuotantosolu-layout. Layoutin valintaan vaikuttaa käytettävissä olevan tilan ominaispiirteet sekä tuotevalikoiman laajuus ja valmistusmäärät. (Martinsuo ym. 2018, 155.)

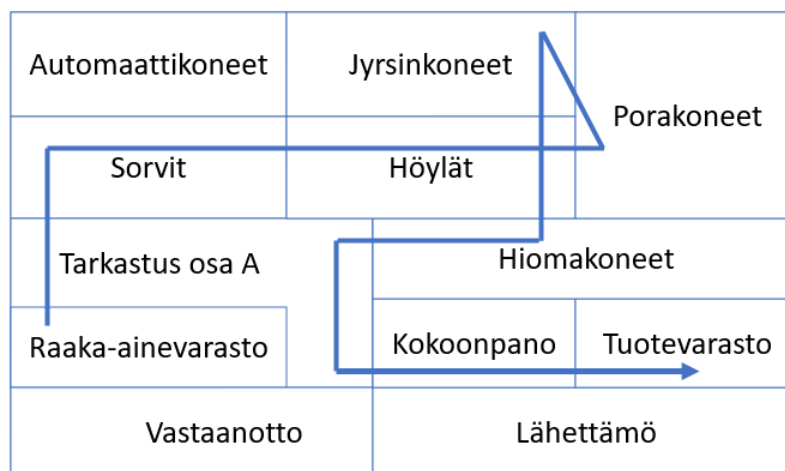
#### 3.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisessa layoutissa laitteet ja työpisteet on sijoitettu ryhmiin samanlaisien tehtävätyyppien mukaan. Tehtaan eri osastoilla kuten esimerkiksi raaka-aineen leikkaamisella, yhdistämisellä ja pintakäsittelyllä voi olla omat tilat. Koneet

ja laitteet ovat usein monikäyttöön tarkoitettuja, joilla päästään joustavaan tuotantoon. Tuotevalikoiman laajuuden takia tuotantomäärät eri tuotteiden välillä voivat vaihdella paljon. Funktionaalinen layout pyrkii joustavaan tuotantoon, jolloin kyseessä on yksittäis- tai piensarjatuotanto. Vaikeasti liikuteltavat koneet ja laitteet on suunniteltava siten, että layoutia voidaan muuttaa kohtuullisella vaivalla. Layoutiin voidaan joutua tekemään vuosittain muutoksia, mikäli tuotevalikoimaa uudistetaan säännöllisesti. (Martinsuo ym. 2018, 157.)

Funktionaalisisessa layoutissa tuotannonohjaus perustuu työtehtävien järjestelyyn ja niiden aikatauluttamiseen. Tuotannonohjauksessa tulee ottaa huomioon töiden jonotusaika työpisteelle. Työjonot ovat keskeneräistä tuotantoa, jotka pidentävät koko tuotannon läpäisyäikää. Välivarastojen tarvetta voidaan välttää minimoimalla työpisteiden väliset etäisyydet sekä kuljetuskerrat pisteiden välillä. Töiden tulee myös siirtyä työpisteeltä toiseen oikeaan aikaan. Kuljettaminen ja varastointi kuluttavat aikaa ja aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia. (Martinsuo ym. 2018, 157.)

Kuviossa 1 nähdään funktionaalisen layoutin kaavio. Viivat kuvastavat valmistettavan tuotteen kulkureittiä työpisteiden välillä. Tuotteen ei tarvitse kulkea jokaisen työpisteen läpi sillä funktionaaliselle layoutille on ominaista, että samassa tuotantosolussa valmistetaan myös monia muita eri tuotteita, jotka kulkevat eri valmistusreittein.



KUVIO 1. Funktionaalinen layout (Perustuu lähteeseen Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 477).



### 3.2 Tuotantolinja-layout

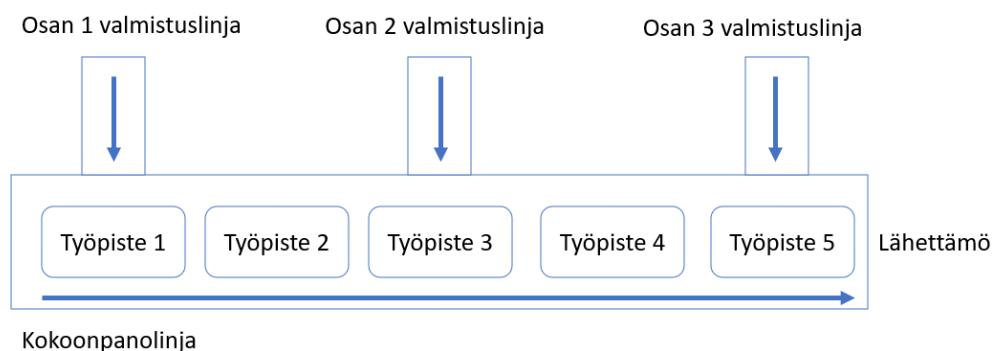
Tuotantolinja-layoutissa laitteet ja työpisteet on sijoitettu tuotteen valmistuksen kulun mukaiseen järjestykseen. Tuotantolinja voi toimia niin, että materiaalivirta kulkee vastaanotosta alkukäsittelyyn ja välivaiheiden kautta loppukokoonpanoon ja siitä pakkaukseen sekä lähettämöön. Tuotantolinjalla käytettävät koneet ovat erikoistuneita vain tietyn tuotteen tai tuoteperheen valmistamiseen jolloin volyymit ovat suuria ja kuormitusasteet korkeita. Tuotantolinjalla voidaan käyttää esimerkiksi liukuhihnaa, jonka avulla materiaalivirta on selkeää työpisteiden välillä ja turhia materiaalien kuljetuskertoja ei muodostu. Työnkulku tuotantolinja-layoutissa on suoraviivaista mikä mahdollistaa automaation tehokkaan käytön. (Martinsuo ym. 2018, 159.)

Tuotantolinjan investointi voi olla kallista, mutta tuotteen yksikköhinta saadaan alhaiseksi. Suurten investointikustannusten vuoksi tuotantolinja voi olla vaikeasti muutettavissa jälkikäteen. Muutokset tuoteperheiden välillä edellyttävät pitkiä asetusajoja, jotka lisäävät kustannuksia. Myös kapasiteetin kasvattaminen on myöhemmin vaikeaa. Tuotantolinja on häiriöaltis ja pienikin häiriö vaikuttaa koko linjan toimivuuteen. Häiriöt aiheuttavat helposti suuria kustannuksia, kun linja tuottaa viallisia tuotteita. Tästä syystä laadunvalvonta on tärkeää tuotantolinja-layoutissa. (Martinsuo ym. 2018, 159; Haverila ym. 2009, 475–476.)

Tuotantolinja-layoutin tuotannonohjaus mahdollistaa sen, että työnkulku on selkeää ja tuotantolinja toimii yhtenä kokonaisuutena. Tuotantolinjan suunnittelussa on tärkeää huomioida kaikki työvaiheet, jotka tuovat tuotteelle arvoa. Näin tuotantolinja voidaan organisoida arvovirran mukaisesti, eikä linjassa ole lainkaan turhia työvaiheita. Materiaalivirrat tulee järjestellä tarkoituksenmukaisesti ja mahdollisuuksien mukaan automatisoida esimerkiksi automaattinostureiden avulla. Tavoitteena on tasapainottaa tuotantolinja siten, että työpisteitä olisi sopiva määrä ja niiden työmäärä olisi lähes sama. Näin ollen laitteiden tyhjäkäyntiaika saadaan minimoitua. (Martinsuo ym. 2018, 159–160.)

Kuviossa 2 nähdään esimerkki tuotantolinja-layoutin kaaviosta. Tuotteen kokoonpanovaiheet ovat peräkkäin, jolloin tuote kulkee kaikkien vaiheiden läpi järjestyk-

sessä. Kokoonpanossa tarvittavat osat valmistetaan erillään omilla valmistuslinjoilla. Valmiit osat tuodaan kokoonpanolinjalle tuotteen kokoonpanon mukaisessa järjestyksessä. Valmistuslinjat voivat olla tyypiltään myös muunlaisia kuin tuotantolinja-layout. Tarvittavat osat tuotteen kokoonpanoon voidaan myös tilata, jolloin osia ei ole tarvetta valmistaa itse.



KUVIO 2. Tuotantolinja-layout (Perustuu lähteeseen Martinsuo ym. 2018, 160).

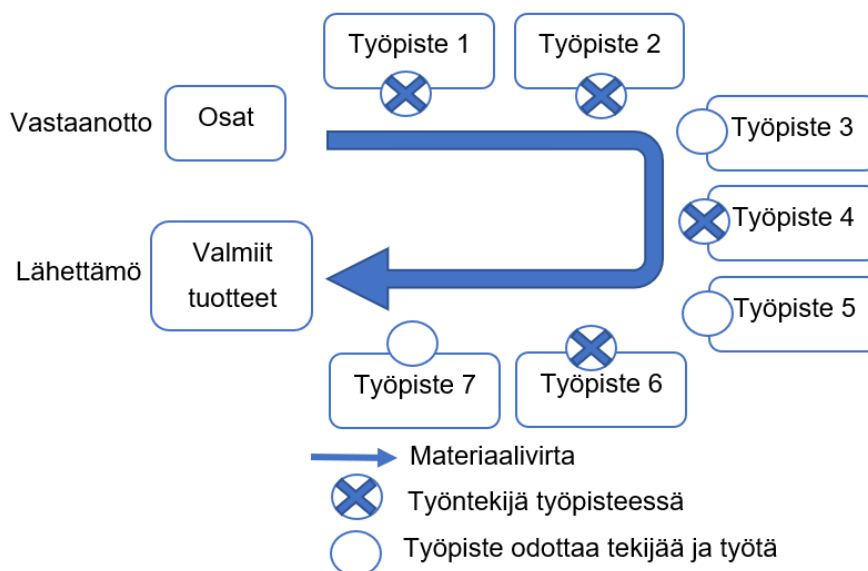
### 3.3 Tuotantosolu-layout

Tuotantosolussa laitteet ja työpisteet on sijoitettu ryhmään, joka on erikoistunut tiettyjen komponenttien valmistamiseen tai tietyn työkokonaisuuden suorittamiseen. Tuotantosolu voi olla esimerkiksi loppukokoonpano, jossa eri osavalmistuksessa tuotetut komponentit kasataan valmiiksi tuotteeksi. Toteutukseltaan tuotantosolu-layout on eräänlainen välimalli funktionaalisesta layoutista ja tuotantolinja-layoutista. Tuotantosolu-layoutissa toiminnot ovat samassa tilassa ja työ etenee samankaltaisesti kuin tuotantolinja-layoutissa. (Martinsuo ym. 2018, 161.)

Tuotantosolun tavoitteena on valmistaa saman tuoteperheen eri tuotteita joustavasti alusta loppuun saakka. Volyymit eri tuotteiden välillä voivat vaihdella, jolloin kyseessä on yksittäis- tai piensarjatuotanto. Pyrkimyksenä on saavuttaa selkeä materiaalivirta, jolloin välivarastoja ei tarvita. Oman tuoteperheensä rajoissa tuotantosolu on tehokkaampi kuin funktionaalinen layout, sillä tuotteesta toiseen siirtäessä asetusajat ovat lyhyitä. Tuotantosolu-layout on myös joustavampi kuin tuotantolinja. Työpisteet järjestetään työnkulun mukaisesti. Pieniä välivarastoja saatetaan tarvita pienerätuotannossa, mikäli tehtävävaihekestot ja työpisteen eräkoot vaihtelevat. (Martinsuo ym. 2018, 161–163.)

Tuotantosolu-layoutissa tuotannonohjauksen kohteena on vain yksi kuormituspiste. Tämä kuormituspiste on koko solu ja sen tuotanto. Arvovirran määrittäminen ja sen tehokas toteutuminen ovat tärkeitä myös tuotantosolu-layoutissa. Solussa on kaikki tuoteperheen valmistukseen tarvittavat laitteet ja työvälineet, mutta näiden laitteiden kuormitusaste voi vaihdella merkittävästi. Laadunhallinta tapahtuu kunkin solun sisällä, sillä solussa työskentelevä ryhmä on vastuussa valmistamiensa tuotteiden laadusta. Tämän ansiosta virheiden löytäminen ja korjaaminen on helppoa. Vastuulliset työtehtävät edistävät työntekijöiden motivaatiota ja tuottavuutta. Työntekijät voivat vaihdella työtehtäviä ja vaikuttaa keskinäiseen työnjakoon. (Martinsuo ym. 2018, 162; Haverila ym. 2009, 478.)

Kuviossa 3 nähdään kaavio tuotantosolu-layoutista. Solussa kaikissa työpisteissä ei ole työntekijää, vaan työntekijät voivat vaihdella työpisteiden välillä. Rasti kuvaa työntekijää, joka on työpisteessä ja pallo kuvaa työpistettä, jossa ei ole työntekijää. Materiaalivirta kulkee jokaisen työpisteen läpi ja työntekijä toimii useassa työpisteessä kerrallaan tuotteen valmistuksen mukaisessa järjestyksessä.



KUVIO 3. Tuotantosolu-layout (Perustuu lähteeseen Martinsuo ym. 2018, 162).

### 3.4 Suunnittelussa huomioitavat asiat

Funktionaalinen layout soveltuu parhaiten, mikäli valmistettavia tuotteita on monia erilaisia, mutta valmistusmäärät ovat pieniä. Vastaavasti tuotantolinja-layout soveltuu samanlaisten tuotteiden suurien erien valmistukseen. Tuotantosolu soveltuu toistuvaan valmistukseen ja tavoitteena on eri tuotteiden tai tuoteperheiden joustava toteutus. Tuotantosolussa tuotteen valmistusmäärä ei ole kuitenkaan tarpeeksi suuri, jotta tuotantolinja-layout olisi perusteltua. (Martinsuo ym. 2018, 155.)

Tyypillisesti yhdessä tehtaassa voi olla useita osalayouteja samanaikaisesti ja ne vaihtelevat tuotantoprosessin vaiheen mukaan. Loppukokoonpanoon tarvittavia osia voidaan valmistaa funktionaalisessa tai tuotantosolu-layoutissa, vaikka kokoonpanolinja olisi tyypiltään tuotantolinja-layout. Uuden tuotantoprosessin layout-suunnittelussa joudutaan usein tekemään kompromisseja, koska aiempaa kokemusta tuotteen kysynnästä, tuotevalikoiman laajuudesta ja valmistamisesta ei ole. (Martinsuo ym. 2018, 155.) Mikäli esimerkiksi tuotteen menekistä ei ole varmuutta voi olla parempi valita funktionaalinen layout tuotantolinja-layoutin sijaan.

Päätavoite layout-suunnittelussa on materiaalivirran tehokkuus. Tuotantoprosessien ja siihen sisältyvien koneiden ja laitteiden sijoittelussa on tärkeää, että materiaalien kuljetuskerrat sekä välimatkat eri työpisteiden välillä olisivat pieniä. Tuotannonohjauksen sujuvuuden kannalta on tärkeää pyrkiä selkeään materiaalivirtaan, jossa myös materiaalien vastaanotto ja jakelu on tehokasta. Suunnittelussa tärkeitä huomioitavia elementtejä on myös työturvallisuus ja tyytyväisyys. (Martinsuo ym. 2018, 156.)

## 4 LEAN-TOIMINTAMALLI

Lean-toimintamalli on saanut alkunsa Japanissa Toyotan autotehtaan tuotantoperiaatteista. Lean yleistyi ensin autoteollisuudessa ja nykyisin se on lähes jokaisen toimialan johtava tuotantoperiaate. Lean-periaatteita noudattavat yritykset ovat useimmiten oman toimialansa kannattavimpia ja nopeimmin kasvavia yrityksiä. Leanilla on keskeinen rooli tuotannon organisoinnissa sekä jatkuvassa kehitystyössä. Yksinkertaisuudessaan lean-ajattelulla pyritään luomaan yrityksen tai organisaation toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä sekä täsmällisyyttä asiakasnäkökulma mukaan lukien. Toimintaan liittyy tinkimätön laatuajattelu tuotteen ja toiminnan laadun varmistamiseksi. (Kouri 2009, 6.)

### 4.1 Toyotan tuotantojärjestelmä

Toyotan valmistamisen filosofiaa kutsutaan Toyotan tuotantojärjestelmäksi, josta lyhenne TPS (Toyota Production System) on peräisin. Toyotan ulkopuolella TPS tunnetaan usein nimellä "lean" tai "lean-tuotanto" (Liker & Niemi 2006, 15). Lean sai alkunsa Japanissa toisen maailmansodan jälkeen, jolloin Japanissa vallitsi valtava resurssipula. Niukkuuden takia Toyotan oli pakko kehittää uusi lähestymistapa tehokkuuteen. Ratkaisuksi he kehittivät virtaustehokkuuteen keskittyvän tuotantojärjestelmän. Yksi tämän tuotantojärjestelmän peruspilareista oli Just-In-Time-filosofian kehittäminen. Tämä tarkoitti sitä, että kaikki tuotannon varastot karsittiin ja tuotettiin vain sitä mitä asiakas halusi. Näin tuotanto saatiin "virtaamaan". (Modig, Åhlström & Tillman 2019, 70–71.)

Toyotan tuotantojärjestelmässä jokaista prosessiin sisältyvää vaihetta pidettiin sisäisinä asiakkaina, minkä takia tuotannon vaiheet pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman virheettömästi. Kaikki tuotantoprosessin osat olivat saman ketjun osia. Tällä menetelmällä Toyotan pyrkimyksenä oli maksimoida prosessin virtaustehokkuus ja minimoida virheellisten tuotteiden määrä. Tällöin jokainen tuote sai arvoa koko sen läpimenoajan, tilauksesta, toimitukseen ja maksuun. Näin saavutettiin myös pitkän aikavälin kustannusoptimointi. (Lapinleimu 2007, 38; Modig ym. 2019, 76.)

Muihin autotehtaisiin verrattuna Toyota autotehtaalla työntekijöiden määrä oli sopiva tarpeeseen nähden eikä ylimääräisiä työntekijöitä ollut. Jokaisella työntekijällä oli oma roolinsa tuotantoprosessissa. Kaikilla työntekijöillä oli mahdollisuus pysäyttää tuotanto, mikäli he havaitsivat jonkin virheen prosessissa. Tämä mahdollisti sen, että virheeseen voitiin paneutua tarkasti ja selvittää ongelman juurisyy, jotta samanlainen virhe ei päässyt syntymään uudestaan. Tuotantotilat olivat tiiviimmät verrattuna kilpailijoihin, koska virheiden korjaamiseen ei tarvittu ylimääräisiä tiloja. Kun auto oli kulkenut läpi koko tuotantolinjan, oli se valmis lähetettäväksi asiakkaalle, eikä jälkitarkastusta tarvinnut enää tehdä. Tuotantolinjan työpisteillä oli vain vaadittuun tuotannon tarpeeseen riittävä määrä osia, jolloin väli-varastoja ei tarvittu. Uusia osia kuljetettiin työpisteille tunnin välein lisää. (Womack, Jones & Roos 2007, 78–79.)

## 4.2 Just-In-Time tuotantoperiaate

Japanissa alkunsa saanut Just-In-Time-tuotantoperiaate eli JIT on osoittautunut monilla toimialueilla perinteisempiä malleja paremmaksi. Tuotantomallia voidaan soveltaa monissa eri tuotantomuodoissa vaikkakin malli syntyi vakiotuotetuotannossa. JIT-tuotantoon liittyy korkea tuottavuus, pieni sitoutunut pääoma, korkea laatu sekä nopea läpäisy aika. Peruspiirteinä JIT-toiminnassa on selkeä tuotanto, jonka materiaalivirrat ja tuotannonohjaus on pyritty järjestämään tehokkaasti ja selkeästi. Toistuvuus tuotteilla ja tuotantotehtävillä on suurta. Tuotantolaitoksen layout on kompakti ja materiaalivirrat ovat selkeät. Tuotetyyppien vaihtelut tuotepereheen sisällä ovat sallittuja, mutta kokonaisvolyymien on oltava tasaista. (Haverila ym. 2009, 428.)

JIT-tuotannon tarkoituksena on lyhentää asetusajoja. Työvaiheiden asetusajoja pyritään pienentämään parantamalla menetelmiä sekä asetustekniikoita. Tällä tavoin eräkokoa voidaan pienentää huonontamatta tuotteen kannattavuutta. Pieni erä koko lyhentää tuotannon läpäisyajoja. Tuotannon layout kehitetään vastaamaan tuotteen työnkulkua, jolloin väli-varastoja voidaan pienentää. Tällöin tuotteen läpäisy aika voi lyhentyä huomattavasti. Lyhyellä läpäisyajalla voidaan pienentää tuote- ja puolivalmistevälikantoja. Tuote tai osa voidaan valmistaa tilauksen perusteella, jolloin väli-varastoja ei tarvita ja tuote toimitetaan tarpeen perusteella. (Haverila ym. 2009, 428.)

## 5 TUOTANNON VARASTOT

Lähes jokaiselle yritykselle on välttämätöntä ylläpitää tuote- ja materiaalivarastoja. Varastot turvaavat toimituskyvyn sekä mahdollistavat tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkennän. Varastot aiheuttavat kuitenkin kustannuksia yritykselle, sillä varastoihin sitoutuu paljon pääomaa sekä materiaalien käsittely aiheuttaa kustannuksia. (Haverila ym. 2009, 445–446.)

Puskurivarastot turvaavat yrityksen toimituskyvyn, sillä tuotantoprosessin läpäisy aika on usein pidempi kuin asiakkaan toimitusaikavaatimukset. Puskurivarastoja voidaan käyttää myös menekin vaihteluiden tasoittamisessa. Materiaalipuskuri voi olla yrityksen tuote-, puolivalmiste- tai materiaalivarasto. Puskurivarastot tulee mitoittaa yrityksen haluaman palvelutason perusteella. Varastojen kokoa voidaan pienentää menekkitietojen hallinnan ja hyvän suunnittelun avulla. Lyhyt tuotannon läpäisy aika ja prosessin joustavuus vähentävät varastoinnin tarvetta. Puskurivarastojen sijoituspaikka riippuu tuotantoprosessista, halutuista toimitusajoista, tuotteen rakenteesta sekä asiakaskohtaisen suunnittelun määrästä. Puskurien sijoitus vaikuttaa merkittävästi toimituskykyyn, toimitusajan määrittelyyn sekä tuotannosuunnittelun periaatteisiin. (Haverila ym. 2009, 446, 448.)

Välivarastoja voidaan käyttää eri työvaiheiden kytkemiseen. Eri työvaiheilla on eri nopeus, minkä takia keskeneräisiä tuotteita pitää varastoida työvaiheiden välillä. Useimmiten tuotteita siirretään pienissä erissä työpisteiden välillä. Välivarastojen kokoon vaikuttaa valmistuksen työvaiheiden määrä sekä työvaiheiden välimatka ja tuotetyyppien määrä. Välivarastot hidastavat valmistuksen läpäisy aikaa, sitovat pääomaa ja kasvattavat laatuvirheiden määrää, jonka takia turhista välivarastoista tulee pyrkiä eroon. (Haverila ym. 2009, 446–447.)

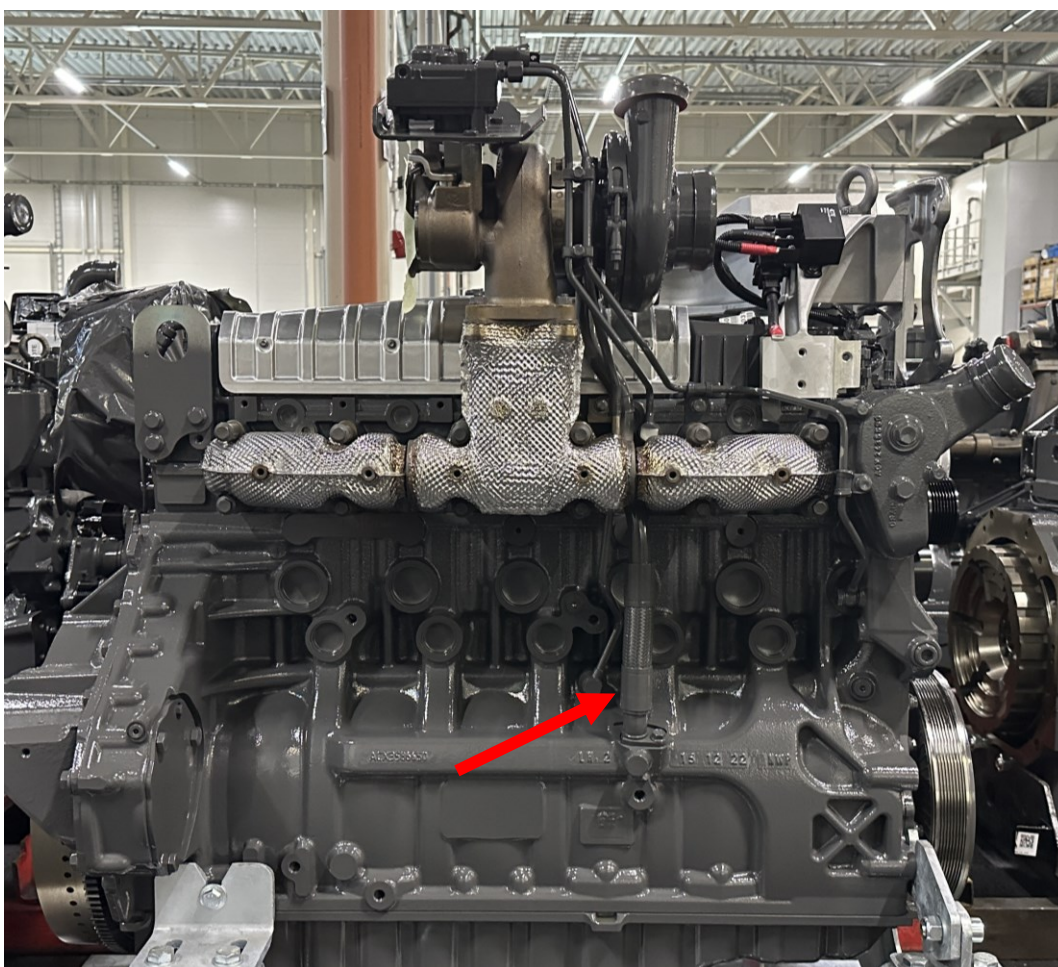
Pitkät asetusajat ja suuret asetuskustannukset saavat aikaan suuria valmistuseräkokoja, jotka muodostavat vaiheen jälkeen suuren välivaraston. Eräkoon kasvattaminen jossain työvaiheessa johtaa helposti koko tuotantoprosessin eräkojen kasvuun. Tämä pidentää läpäisy aikaa ja kasvattaa keskeneräisen tuotannon määrää. Taloudellisen eräsuuruuden tavoittelun aikaansaamia varastoja tulee välttää. Varastojen syntyä voidaan ehkäistä lyhentämällä asetusajoja minkä

ansiosta tuotannon eräkojoja voidaan pienentää kustannustehokkuuden kärsimättä. (Haverila ym. 2009, 447.)



## 6 JOUSTAVIEN PUTKIEN TUOTANTOVAIHEET

Joustavia putkia käytetään Agcon valmistamissa uusissa Core-moottoreissa. Peruseriaatteeltaan joustava putki koostuu taipuisasta teräspunosletkusta, joka on puristusliitetty kahden metalliputken väliin. Teräspunosletkun tarkoituksena on estää moottorin tärinästä johtuvaa räsitusta sekä antaa liikkumavaraa putkelle. Joustavia putkia käytetään esimerkiksi moottorin ahtimen öljynpaluuputkena sekä moottorin muiden komponenttien välissä. Eri variaatioita putkista on yhteensä kymmenen erilaista. Kuvassa 1 nähdään valmis Core75-moottori, johon joustava putki on kiinnitetty.



KUVA 1. Joustava putki Core75-moottorissa.

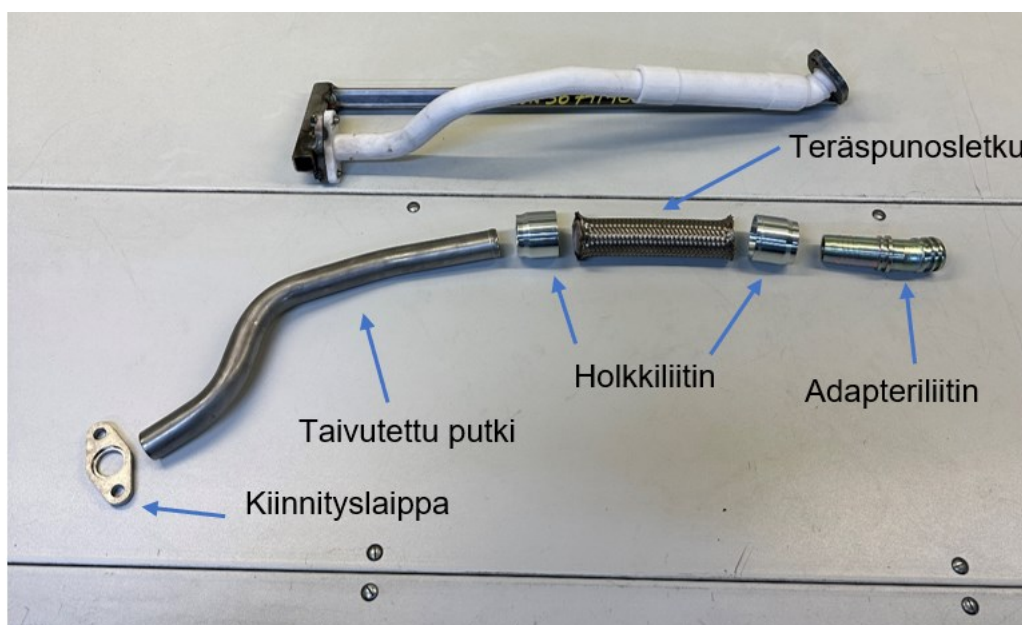
Joustavia putkia on erilaisia ja niiden valmistusprosessit eroavat hieman toisistaan, minkä perusteella ne voidaan jaotella kolmeen eri kategoriaan. Näitä kategorioita ovat adapteriliitinputket, putket, joissa on kaksi taivutettua osaa ja ohuet

putket. Putkiosastolla valmistetaan myös putkia, joissa käytetään kumiletkuja. Kumiletkut kuuluvat samaan tuotantoon joustavien putkien kanssa, koska niitä valmistetaan samoissa kokoonpanoiloissa. Puhuttaessa joustavista putkista tarkoitetaan kuitenkin vain putkia, joissa käytetään teräspunosletkua. Kumiletkut on selvyiden vuoksi esitelty tässä kappaleessa, jotta työ pysyy johdonmukaisena. Kumiletkut eivät ole työssä varsinaisena kehityskohteenä, mutta koska niitä valmistetaan samoissa tiloissa, on ne otettava huomioon uusissa layouteissa.

Kumiletkuja on yhteensä kahden tyyppisiä, CCV-venttiilin paluuputki sekä polttoaineen esisuodattimen putki. Putkiosastolla valmistetaan myös monia muita putkia Agcon moottoreihin, mutta opinnäytetyössä on keskitytty käsittelemään vain joustavien putkien ja kumiletkujen tuotantoa.

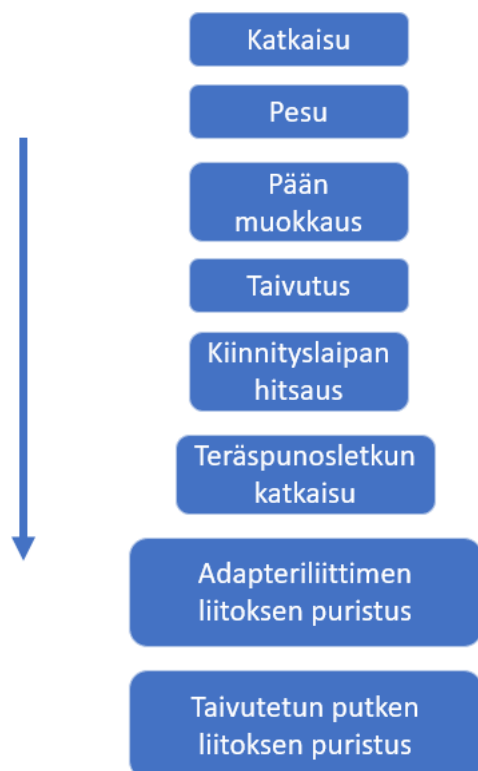
### 6.1 Joustava putki adapteriliittimellä

Kuvassa 2 nähdään eräs adapteriliitinputki. Kuvaan on nimetty osat, joista putki koostuu. Jokaisessa joustavassa putkessa käytettävät osat tilataan toimittajilta valmiina, riippumatta mihin kategoriaan putki kuuluu. Joustavien putkien osista taivutettu putki sekä teräspunosletku valmistetaan metritavarasta itse.



KUVA 2. Joustava putki adapteriliittimellä.

Alla olevaan kuvioon 4 on listattu adapteriliitinputken valmistuksen työvaiheet. Jokainen työvaihe ja niissä käytettävät laitteet on kerrottu tässä kappaleessa.



KUVIO 4. Adapteriliitinputken valmistusvaiheet.

Kuvassa 3 nähdään automaattinen putkenkatkaisulaite T-Drill TCC-25. Laitteella katkaistaan metalliputket haluttuun mittaan. Kyseistä katkaisulaitetta käytetään katkaisemaan kaikki putkiosastolla valmistettavat putket.



KUVA 3. Automaattinen putkenkatkaisulaite T-Drill TCC-25.

Katkaisussa putkiin jää pieniä metallilastuja, jotka on puhdistettava, etteivät ne pääse vahingoittamaan moottoreita. Katkaistut putket pestään kuvan 4 Aqua Clean AC-1.3 -osienpesukoneella.



KUVA 4. Aqua Clean AC-1.3 -osienpesukone.

Seuraavana vaiheena katkaistujen putkien pesun jälkeen on putkien pään muokkaaminen. Putkenpää muokataan, jotta holkkiliitin puristuu tiukemmin putken ympärille ja saadaan aikaan pitävä liitos. (kuva 5)



KUVA 5. Muokattu putkenpää.

Putkenpää muokataan BLM AST30 -putkenpään muotoilukoneella (kuva 6). Työvaiheessa käytetään robottia, joka noukkii putken ja asettaa sen muotoilukoneeseen. Lopuksi robotti laskee muotoillun putken välivarastointikärryyn.



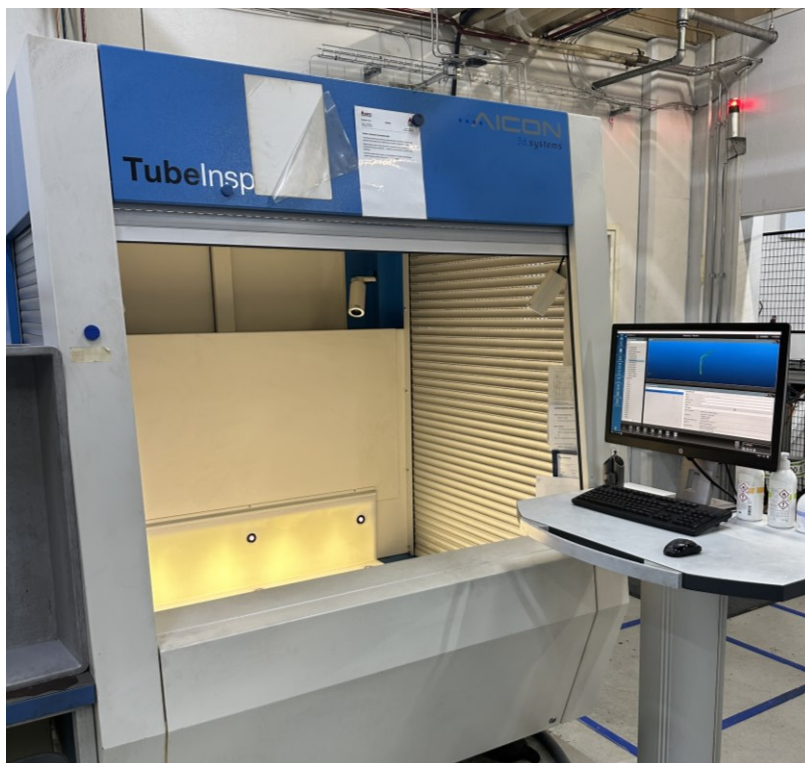
KUVA 6. Putkenpään muokkaussolu.

Tämän jälkeen putki taivutetaan Crippa-putkentaivutuskoneessa haluttuun muotoon (kuva 7). Crippa-putkentaivutuskoneella voidaan taivuttaa halkaisijaltaan 12–25 mm kokoisia putkia.



KUVA 7. Crippa-putkentaivutuskone.

Ensimmäinen taivutettu putki tarkastetaan kuvan 8 Aicon Tubeinspect -putkentarkastuslaitteella. Mikäli mitat eivät ole asetettujen toleranssien sisällä laite sää-  
tää automaattisesti putkentaivutuskoneen parametrejä, jotta seuraava taivutet-  
tava putki vastaa oikeita mittoja.



KUVA 8. Aicon Tubeinspect -putkentarkastuslaite.

Seuraavaksi taivutettuihin putkiin hitsataan kiinnityslaipat putkiosaston hitsaus-  
pisteellä (kuva 9). Tässä vaiheessa olevia putkia kutsutaan puolivalmiiksi putkiksi  
ja ne viedään välivarastointihyllyyn odottamaan kokoonpanovaihetta.



KUVA 9. Hitsauspiste.

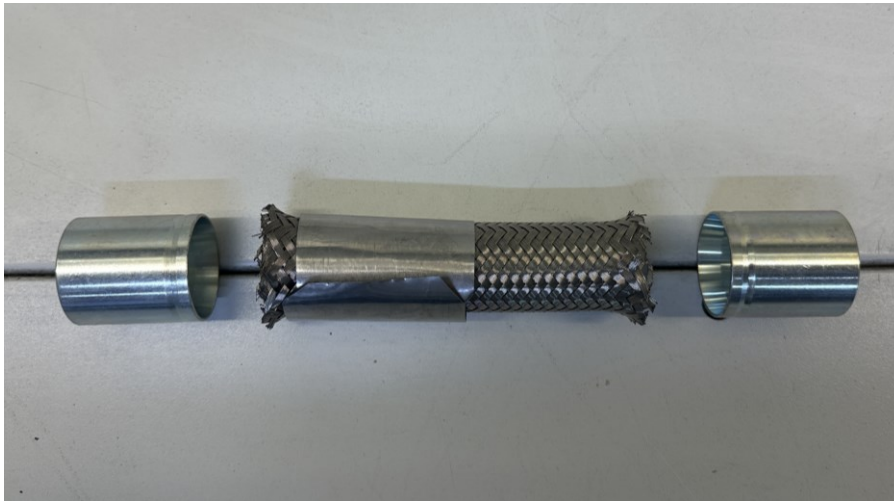
Seuraavana vaiheena on joustavien putkien lopputuotannon ja kokoonpanon vaihe. Joustaviin putkiin tulevat teräspunosletkut katkaistaan oikean mittaisiksi pätkiksi Finnpower CM75P -leikkurilla (kuva 10). Teräspunosletkukerä asetetaan syöttötelineeseen, josta sitä syötetään leikkurin katkaisuterälle.



KUVA 10. Finnpower CM75P -leikkuri.



Katkaistun teräspunosletkun päihin työnnetään holkkiliittimet kuvassa 11 olevalla tavalla. Leikkauksessa teräspunosletkun pää rispaantuu, joten holkkiliittimien asettamisessa käytetään aputyökaluna mellapeltiä. Mellapellin avulla teräspunosletku työnnetään holkkiliittimien sisään.



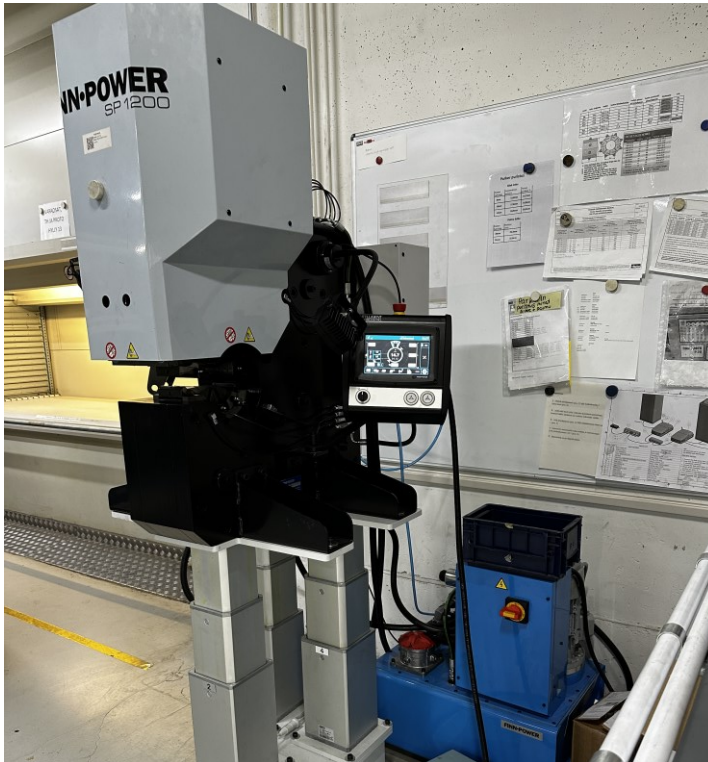
KUVA 11. Holkkiliittimien asettaminen mellapellin avulla.

Holkkiliittinten asettamisen jälkeen teräspunosletkun toiseen päähän asetetaan adapteriliitin. Adapteriliitin työnnetään teräspunosletkun sisään käyttäen apuna ruuvipenkkiä (kuva 12).



KUVA 12. Adapteriliittimen työntäminen teräspunosletkun sisään.

Adapteriliitin ja teräspunosletku puristetaan yhteen kuvan 13 Finnpower SP1200 -letkuliitinpuristimella.



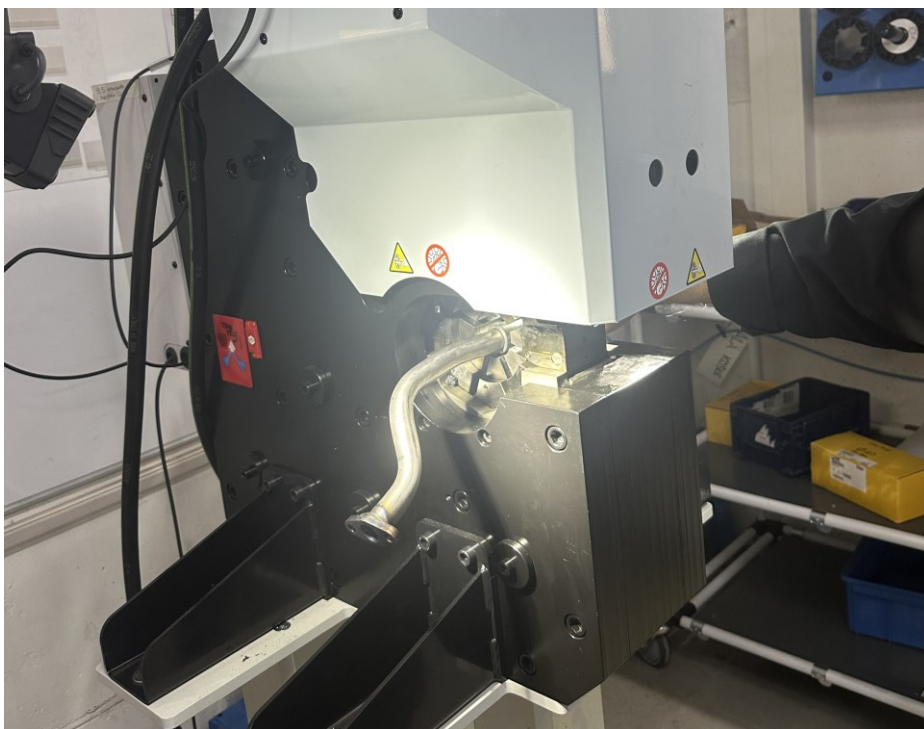
KUVA 13. Finnpower SP1200 -letkuliitinpuristin.

Seuraavaksi taivutettu putki yhdistetään joustavaan teräspunosletkuun. Kuvassa 14 putki asetetaan jigiiin, jossa varmistetaan, että puristusliitoksen suunnat tulevat kohdilleen.



KUVA 14. Liitoksen suunnan asettaminen jigissä.

Tämän jälkeen taivutettu putki ja teräspunosletku puristetaan yhteen, jolloin lopullinen adapteriliitinputki on valmis (kuva 15).



KUVA 15. Taivutetun putken puristaminen teräspunosletkuun.

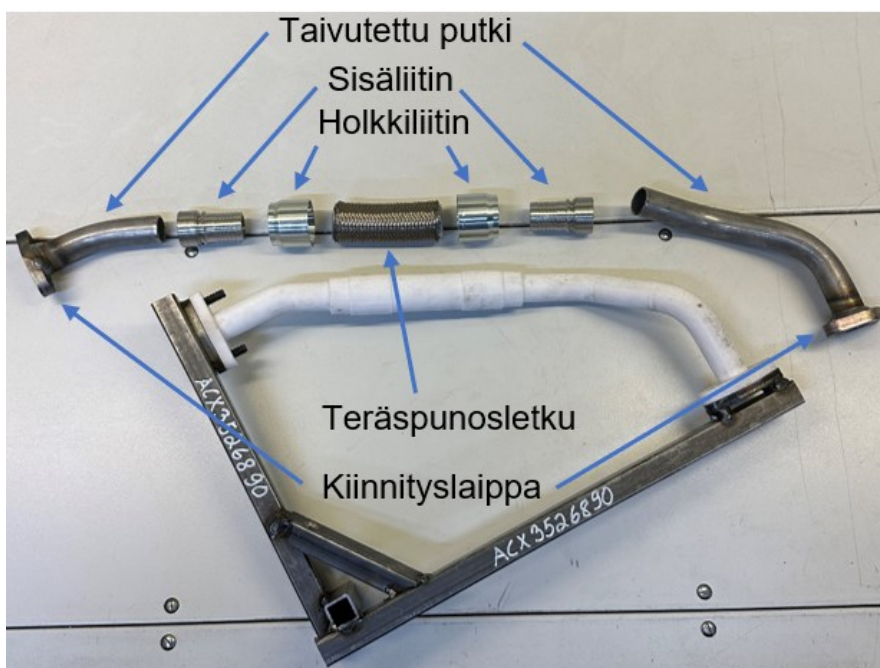
Valmis joustava putki viedään kuvan 16 keräilyhyllyyn odottamaan lähettämistä moottorikokoonpanohalliin.



KUVA 16. Supermarket keräilyhylly.

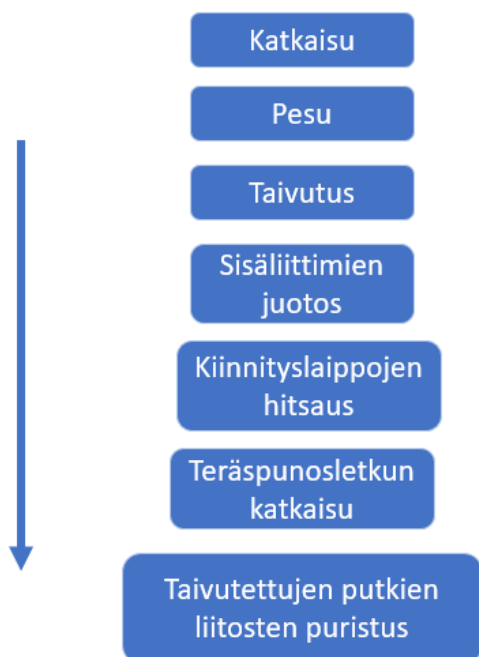
## 6.2 Joustava putki, jossa kaksi taivutettua osaa

Kuvassa 17 nähdään joustava putki, jossa käytetään kahta taivutettua putkea teräspunosletkun molemmissa päissä. Putki koostuu kuvaan merkityistä osista.



KUVA 17. Joustava putki, jossa kaksi taivutettua osaa.

Valmistusvaiheet eroavat hieman aiemmin esitellystä adapteriliitinputkesta. Kuviossa 5 nähdään putken valmistusvaiheet. Kyseisen putken valmistusvaiheista metalliputken katkaisu, pesu, taivutus ja kiinnityslaippojen hitsaus ovat samanlaiset prosessit kuin aiemmin esitellyssä adapteriliitinputkessa. Eroavaisuutena taivutettujen putkien päitä ei muokata vaan tilalle päihin juotetaan sisäliittimet.



KUVIO 5. Valmistusvaiheet joustavasta putkesta, jossa käytetään kahta taivutettua osaa.

Sisäliittimet toimivat samoin kuin muokattu putkenpää, eli ovat holkkiliittimen vastakappale ja varmistavat näin tiiviin liitoksen. Kuvassa 18 nähdään yksi putki-osaston juotospisteistä, jossa sisäliitin juotetaan taivutettujen putkien päihin.

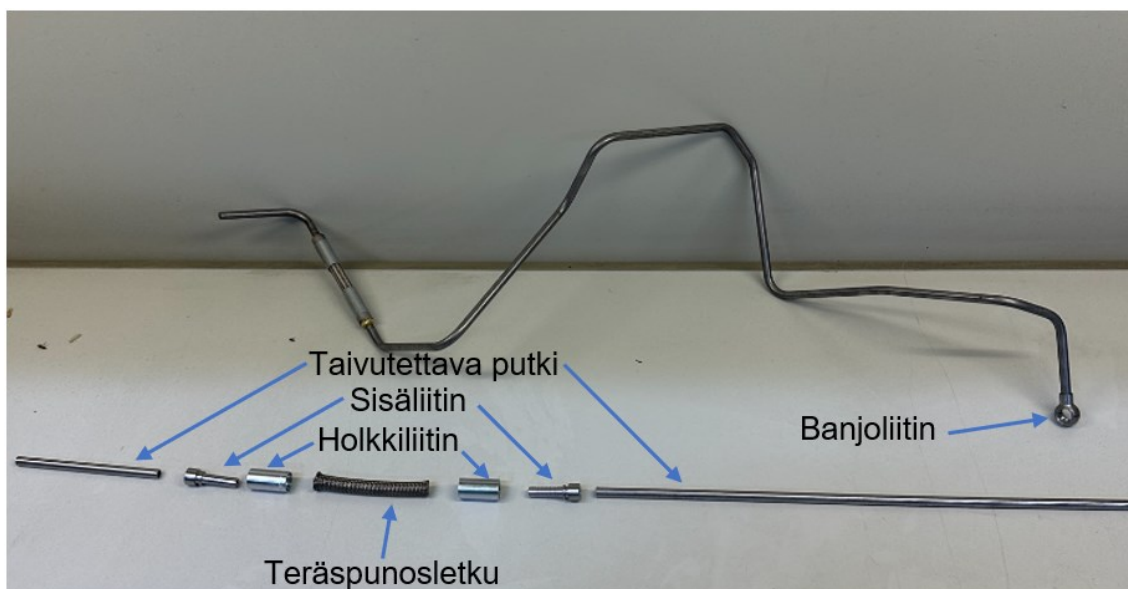


KUVA 18. Juotospiste.

Loppukokoonpanon vaiheet suoritetaan samankaltaisesti kuin adapteriliitinputkessa. Teräspunosletkukerä katkaistaan pätkiksi ja holkkiliittimet asetetaan letkuihin. Taivutettujen putkien ja teräspunosletkujen liitokset suunnataan jigissä ja liitokset puristetaan yhteen. Valmis putki viedään keräilyhyllyyn odottamaan lähetystä.

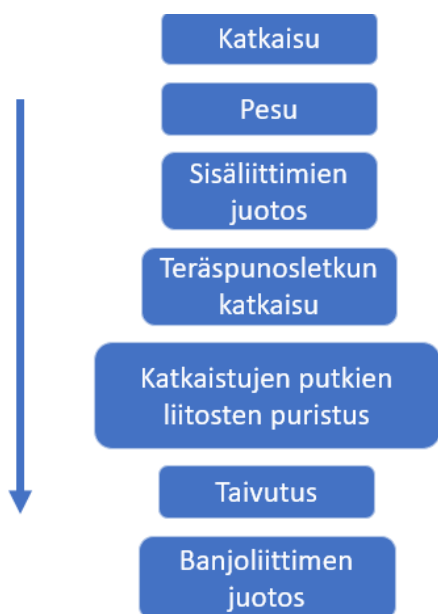
### 6.3 Ohut joustava putki

Putkiosastolla valmistettavien ohuiden putkien valmistusmenetelmät eroavat merkittävimmin aiemmin esitellyistä putkista. Kuvassa 19 nähdään eräs variaatio ohuesta putkesta ja siinä käytetyistä osista.



KUVA 19. Ohut putki.

Erona aiemmin esiteltyihin putkiin ohuet putket taivutetaan niin, että teräspunosletku on liitettynä putkien väliin jo taivutusvaiheessa. Kuviossa 6 nähdään ohuen putken valmistusvaiheet.



KUVIO 6. Ohuen putken valmistusvaiheet.

Katkaisun ja pesun jälkeen putkien päihin juotetaan sisäliittimet jo aiemmassa vaiheessa, jotta teräspunosletku voidaan liittää suorana oleviin putkiin (kuva 20).



KUVA 20. Taivutusta varten valmisteltu ohut putki.

Teräspunosletku liitetään aiemmassa vaiheessa, koska valmiissa ohuissa putkissa on paljon mutkia. Mikäli putket taivutettaisiin aiemmin ja teräspunosletku liitettäisiin taivutettuihin putkiin, olisi liitosten suuntaaminen vaikeaa johtuen useista putken mutkista.

Taivutusta varten valmisteltu putki viedään Wafios BMZ12 -putkentaivutuskoneeseen (kuva 21). Wafiosta käytetään, koska sillä voidaan taivuttaa ohuempia putkia kuin Crippa-putkentaivutuskoneella. Taivutuksen jälkeen putkeen juotetaan vielä banjoliitin ja valmis putki voidaan viedä keräilyhyllyyn.



KUVA 21. Wafios BMZ12 -putkentaivutuskone.



## 6.4 Kumiletkut

Putkiosastolla valmistettavat kumiletkut tuotetaan samoissa tiloissa kuin joustavien putkien kokoonpano. Kumiletkujen valmistaminen on yksinkertaisempaa sekä valmistusvaiheita on vähemmän. Kumiletkuja on kahden tyyppisiä, joista toinen CCV-venttiin paluuputki nähdään kuvassa 22.



KUVA 22. CCV-venttiin paluuputki.

Kyseinen kumiletku toimitetaan valmiiksi katkaistuina pätkinä putkiosastolle. Kumiletkun toiseen päähän tuleva liitin työnnetään kuvan 23 Koul Tools -letkupuristimella. Liitin kiristetään letkuklemmarilla kiinni.



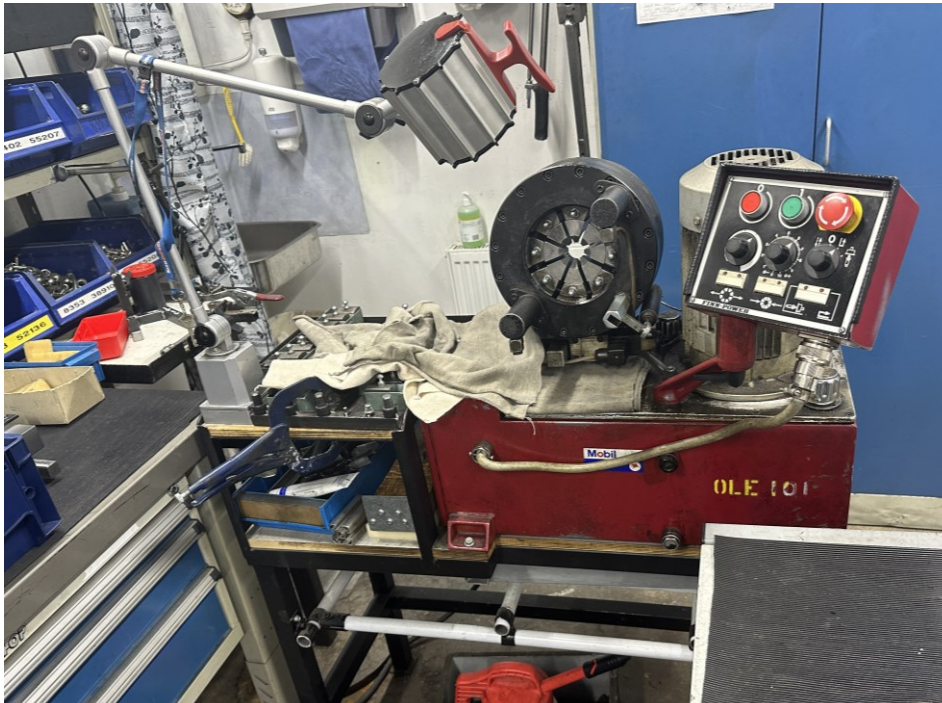
KUVA 23. Koul Tools EZ-ON Press 409B.

Kuvassa 24 olevaa toista kumiletkua käytetään polttoaineen esisuodattimen letkuna. Kumiletkukerä katkaistaan pätkiksi samalla leikkurilla, joka esiteltiin aiemmin kappaleessa 6.1.



KUVA 24. Polttoaineen esisuodattimen letku.

Kumiletkun molempiin päihin puristetaan banjoliittimet kuvan 25 Finnpower P20AE -letkuliitinpuristimella.



KUVA 25. Finnpower P20AE -letkuliitinpuristin.

## 7 TUOTANNON KEHITYSKOhteet

Varsinainen työ aloitettiin kartoittamalla kehitystä vaativat kohteet joustavien putkien tuotannossa. Suurimmat ongelmat olivat nykyisten kokoonpanotilojen ahtauteen ja niiden osittainen puute. Lisäksi nykyinen menetelmä teräspunosletkun katkaisussa aiheutti haasteita.

### 7.1 Teräspunosletkun katkaisu

Nykyinen käytössä oleva leikkuri ei sovellu kunnolla teräspunosletkujen katkaisemiseen. Katkaisussa teräspunos pääsee rispaantumaan kuvassa 26 näkyvään tapaan, jolloin liitinholkkien työntäminen teräspunosletkuun on hidasta ja työlästä.



KUVA 26. Katkaisussa rispaantunut teräspunosletku.

Nykyisessä leikkurissa vika ei ole itsessään, vaan teräspunosletkuille on ominaista, että putken pää purkaantuu sitä leikatessa katkaisulaitteesta riippumatta. Käytössä oleva leikkuri ei kuitenkaan ole ihanteellisin vaihtoehto joustavien putkien tuotantoon.

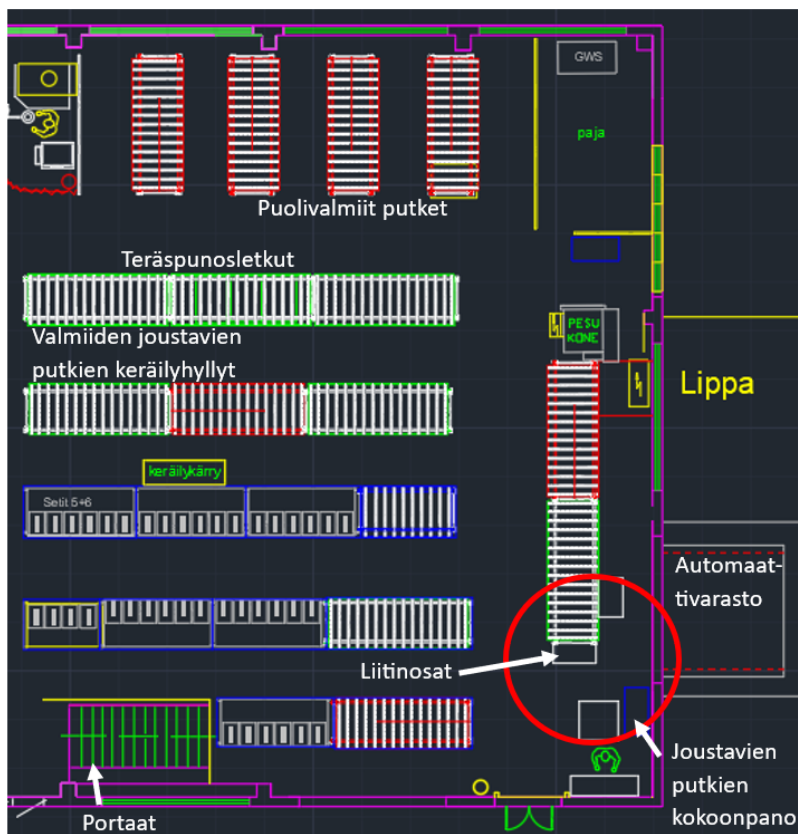
Liitinholkkien työntämistä helpottamaan käytössä on aiemmin kappaleessa 6.1 esitelty putkiosastolla itse kehitelty menetelmä, jossa mellapelti asetetaan paina-

maan rispaantunutta letkua ja liitinholkki työnnetään paikalleen. Tuotantotyöntekijöiden mukaan tämä helpottaa ja nopeuttaa työvaihetta, mutta on silti liian hidas ja työläs suoritettavaksi jokaisen valmistettavan joustavan putken kohdalla. Tarve olisi löytää keino rispaantumisen estämiseksi.

## **7.2 Nykyiset tuotantotilat**

Toinen kehityskohde oli nykyiset tilaratkaisut joustavien putkien loppukokoonpanon tuotantotiloissa. Nykyiset loppukokoonpanon toiminnot on sijoitettu toisistaan erillään oleviin tiloihin, joiden välillä kulkureitti on ulkokautta. Tämän takia työpisteiden välimatkat ovat pitkiä. Uusille tilaratkaisuille on tarve, koska joustavia putkia tullaan valmistamaan suurentuvissa määrin jatkossa.

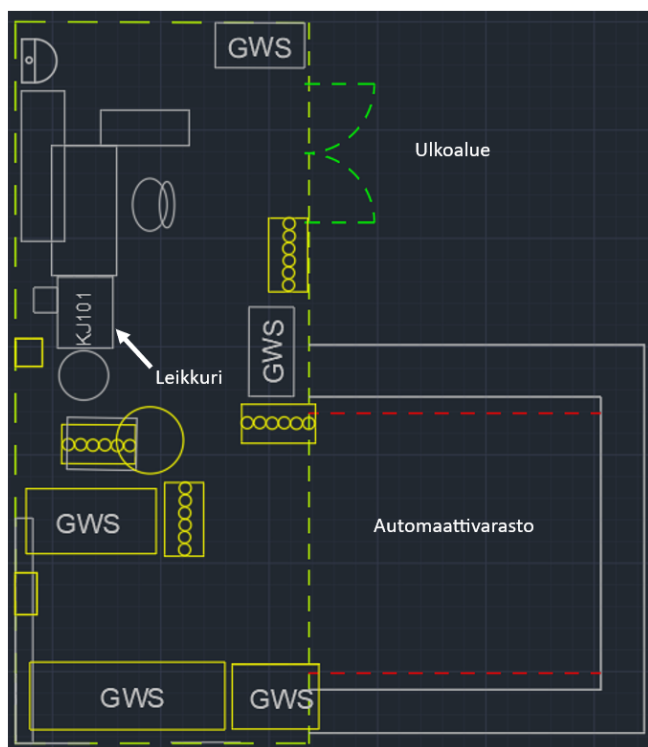
Kuviossa 7 on esitelty nykyisten joustavien putkien kokoonpanon toiminnot putkiosaston yläkerrassa. Punaisella ympyrällä on merkitty alue, jossa sijaitsee joustavien putkien varsinainen kokoonpano. Kokoonpanotilat yläkerrassa ovat ahtaat ja kokoonpano on sijoitettu ainoaan jäljelle jääneeseen vapaaseen tilaan hallissa. Varastointihyllyt ovat erillään kokoonpanosta sekä teräspunosletkukerät ovat hankalasti varastoituina. Trukilla on vaikea päästä nostamaan teräspunosletkukeriä ahtaasta hyllyvälistä johtuen.



KUVIO 7. Joustavien putkien yläkerran nykyiset toiminnot.

Kokoonpanon työnkulku alkaa, kun teräspunosletkukerät viedään hyllystä putkiosaston alakertaan automaattivarastolla. Automaattivarastossa on luukut sekä ala- että yläkerrassa. Alakerrassa teräspunosletku katkaistaan pätkiksi. Letkunpätkät kuljetetaan yläkertaan käsin kantamalla laatikolla tai automaattivarastolla. Ylä- ja alakerran välillä on portaat ja kulkureitti niiden välillä kulkee osittain ulko-kautta. Puolivalmiit putket haetaan kokoonpanoa varten välivarastohyllystä, joka sijaitsee toisella puolella hallia. Keräilyhylly, johon valmiit joustavat putket viedään, sijaitsee teräspunosletkujen läheisyydessä.

Putkiosastolla on pieni erillinen tuotantotila alakerrassa, jossa nykyinen leikkuri sijaitsee ja jossa teräspunosletkut katkaistaan (kuvio 8). Samassa tilassa valmistetaan myös kumiletkut, joiden kaikki kokoonpanovaiheet suoritetaan kyseisessä paikassa. Alakerrassa tehdään lisäksi erillisenä pienerätuotantona varaosaputkia, jotka eivät sisälly samaan tuotantoon joustavien putkien kanssa.



KUVIO 8. Joustavien putkien alakerran nykyiset toiminnot.

## 8 UUDEN LEIKKURIN VALINTA

Tietoa teräspunosletkuista oli rajallisesti saatavilla. Menetelmät katkaisuun olivat usein itse kehiteltyjä, eikä sarjatuotannon tarpeisiin olevia menetelmiä tai kaupallisia laitteita juurikaan löytynyt. Internetistä löytyi muutama eri laitevalmistaja teräspunosletkun leikkaamiselle sarjatuotannon tarpeisiin. Valmistajien kanssa käytiin keskustelua leikkurin käyttötarpeesta sekä niiden ominaisuuksista.

Leikkuriksi valikoitu Gillard Cutting -laitevalmistajan Braid-Cut MT teräspunosletkuille tarkoitettu leikkuri (kuva 27). Leikkuri hitsaa teräspunoksen elektrodileukojen avulla putken ympäriltä kiinni, jonka jälkeen hampaaton terä leikkaa putken. Teräspunoksen sisällä oleva muoviputki pysyy koskemattomana ja ehjänä. Valmistaja lupaa, että leikkausjälki on siisti ja liitinholkit voidaan työntää helposti ilman takertelua. (Gillard Cutting 2022a.)



KUVA 27. Braid-Cut MT. (Gillard Cutting 2022a.)

Valmistaja tarjoaa myös erilaisia lisäominaisuuksia leikkurille riippuen käyttötarpeesta. Kuvassa 28 nähdään lisälaitteet, jotka valittiin helpottamaan työskentelyä ja lisäämään leikkurin automaattista toimintaa.

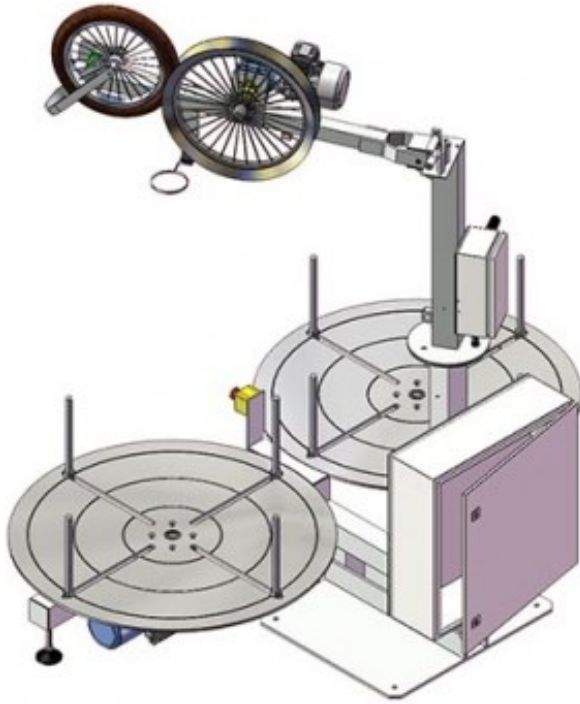


KUVA 28. Braid-Cut MT lisälaitteineen (Gillard Cutting 2022c).

Sähköisesti moottoroituun syöttölaitteeseen asetetaan teräspunosletkukela, joka syöttää letkun ohjauslaitteen lävitse leikkurin vetohihnoille. Ohjauslaite säättää moottoroidun syöttölaitteen nopeutta sekä synkronoi syöttölaitteen ja leikkurissa olevien vetohihnojen välisen nopeuden. Ohjauslaite on tarkoitettu joustaville materiaaleille ja se parantaa leikkauspituuden säätöä ja tarkkuutta. Kuljetin liikuttaa katkaistut letkuspätkät pidemmälle, jolloin kuljettimen alle voidaan asettaa esimerkiksi erillinen keräilykärry johon letkuspätkät tippuvat. (Gillard Cutting 2022b.)

Erona aiempaan kuvaan 28 syöttölaitteeksi valittiin tyypiltään vaakatasossa oleva malli (kuva 29). Putkiosastolle toimitettavat teräspunosletkut ovat kieputettuna rullalle, jolloin vaakatasossa oleva syöttölaite helpottaa käsittelyä, eikä letkua tarvitse rullatta erilliselle kelalle.





KUVA 29. Vaakatasomallinen syöttölaite (Gillard Cutting 2022d).

Braid-Cut MT -leikkurin valinta perusteltiin sillä, että se soveltui putkiosaston tarpeisiin hyvin. Muita vastaavanlaisia tai ominaisuuksiltaan parempina pidettäviä leikkureita ei valintaa tehdessä ollut saatavilla. Hitsausmenetelmä estää, ettei teräspunos pääse rispaantumaan missään vaiheessa, jolloin liitinholkin asettaminen on vaivatonta ja nopeaa eikä vaadi työkaluja tai ylimääräisiä työvaiheita. Lisäksi leikkurilla voidaan leikata myös kumiletkuja.

## 9 UUDEN LAYOUTIN SUUNNITTELU

Joustavien putkien uudelle kokoonpanosolulle tehdään kolme erilaista layout-vaihtoehtoa. Näistä vaihtoehtoista Agco Power voi valita heille parhaiten soveltuvimman. Suunnitellut layoutit esitellään tässä kappaleessa. Valmiit layoutit lähetettiin Autocad-ohjelmalla osaksi koko putkiosaston layoutia ja nämä layoutit löytyvät opinnäytetyön liitteistä.

Suunniteltavien layout-vaihtoehtojen tyypiksi valittiin tuotantosolu-layout, koska se soveltuu putkiosaston joustavien putkien kokoonpanon tarpeisiin parhaiten. Joustavien putkien valmistusmäärät vaihtelevat paljon riippuen valmistettavan putken tyypistä. Tämän vuoksi tuotannossa tarvitaan riittävää joustavuutta, koska solun kuormitusaste tulee vaihtelemaan. Joustavuuden takaamiseksi tuotannossa on välttämätön tarve myös pienille välivarastoille. Joustavien putkien kokoonpanossa on yksi tai kaksi henkilöä työskentelemässä, jonka takia työntekijöiden täytyy vaihdella työpisteiden välillä. Työntekijät liikkuvat kokoonpanossa työvaiheen mukaan, eikä kaikilla työpisteillä ole omaa työntekijää. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi layout-tyypiksi päädyttiin valitsemaan tuotantosolu-layout.

### 9.1 Tilat ja laitteet

Kuvassa 30 nähdään uudelle joustavien putkien kokoonpanosolulle varattu tila. Tilasta on siirtymässä pois vanha vipusolu, jolloin koko alue jää tyhjäksi. Tila on reilun kokoinen ja uusi joustavien putkien kokoonpanosolu tulisi sijoittaa tilaan niin, ettei se kuitenkaan kuluta koko tilakapasiteettiä. Putkiosastolla on tarve muun tuotannon lisävarastointihyllyille, joille on varattava riittävästi tilaa.



KUVA 30. Vapaaksi jäävä tila.

Uusi valittu leikkuri tuodaan korvaamaan vanha leikkuri ja se suunnitellaan osaksi uutta layoutia. Putkiosaston alakerran vanha leikkuri jätetään kuitenkin paikalleen joustavien putkien varaleikkuriksi sekä sitä tullaan käyttämään varaosatuo-  
nossa. Yläkerran kokoonpanossa sijaitseva Finnpower SP1200 -letkuliitinpuristin suunnitellaan osaksi uutta layoutia. Lisäksi uutena laitteena kokoonpanoon on tuotannosuunnittelijoiden toimesta tulossa kuvassa 31 oleva Finnpower IM2 -  
liittimien asennuskone. Laitetta tullaan käyttämään kumiletkuissa käytettävien liit-  
timien ja teräspunosletkuissa käytettävien adapteriliitinten työntämisen helpotta-  
miseksi.



KUVA 31. Finnpower IM2 -liittimien asennuskone (Finnpower 2023).

Tuotantotyöntekijät toivoivat, että painavien ja isojen letkukerien siirtelyssä voitaisiin käyttää jotain nostoapuvälinettä. Ratkaisuna tälle kuvassa 32 nähdään putkihallissa oleva Demag-kattonostin. Nostin on vähäisessä käytössä nykyisessä vipusolussa, mutta vipusolun poistuttua nostin vapautuu käytettäväksi joustavien putkien uuteen kokoonpanosoluun. Nostimen nostokyky on 250 kg, joka riittää hyvin teräspunosletkujen nosteluun. Nostinta käytettäisiin nostamaan toimitetut letkukerät varastotelineeseen ja telineestä leikkurin syöttölaitteeseen. Nostimen paikkaa tulee siirtää yhden kattopalkkirivin verran, jotta se on paremmin uuden kokoonpanosolun yläpuolella.



KUVA 32. Putkiosaston Demag-kattonostin.

Kaikista uuteen soluun tulevista laitteista mallinnetaan pelkistetyt mallit Solidworks-ohjelmalla. Mallien ulkomitat vastaavat oikean kokoisia laitteita. Mallien avulla laitteiden ja toimintojen tilantarve nähdään paremmin, kun ne asetetaan samaan kokoonpanomalliin.

## 9.2 Layout läpivirtaushyllyillä

Ensimmäinen joustavien putkien kokoonpanosolun layout-vaihtoehto on toteutettu läpivirtaushyllyillä. Vastaavanlaisia hyllyjä on putkiosastolla entuudestaan

käytössä esimerkiksi valmiiden putkien ja puolivalmiiden putkien välivarastointi- ja keräilyhyllyinä (kuva 33). Hyllyissä on rullat, joita pitkin eurolaatikot liukuvat hyllyn puolelta toiselle. Hyllystä on helppo seurata tuotteen menekkiä ja valmistaa tuotetta lisää sitä mukaan, kun hyllyä tyhjenetään. Läpivirtaushyllyillä saavutetaan selkeä materiaalivirta, kun jokaisella tuotteella on oma hyllypaikkansa. Läpivirtaushyllyillä saadaan tuotantoon myös joustavuutta, kun hyllyissä on aina välivarastoituna valmiita tuotteita. Tällä saadaan estettyä, ettei tuote pääse loppumaan yllättäen.



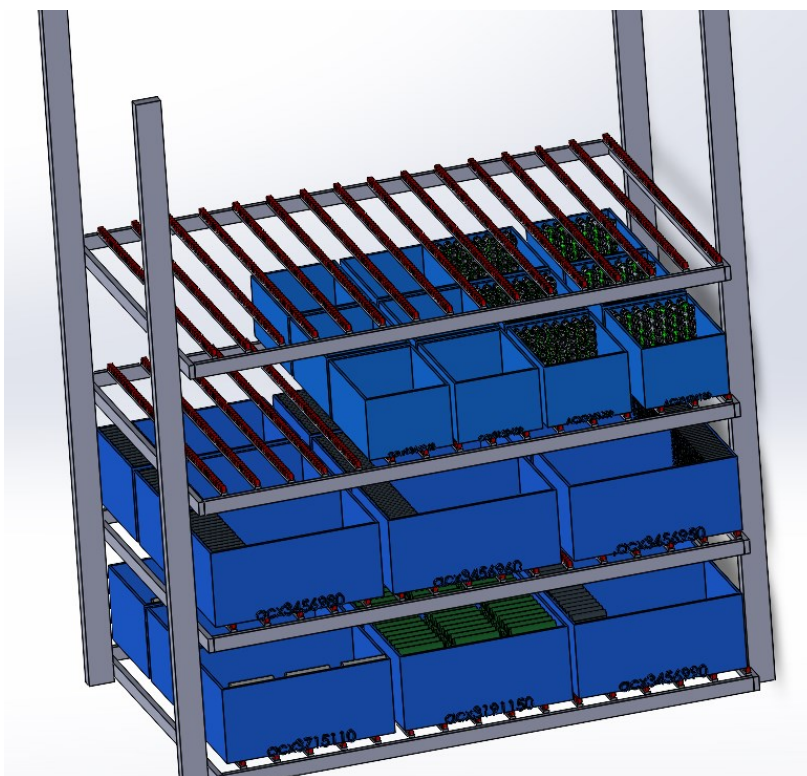
KUVA 33. Yksi putkiosastolla käytössä olevista läpivirtaushyllyistä.

Uuteen kokoonpanosoluun valittiin yhteensä kolme läpivirtaushyllyä. Näitä ovat letkunkätkien ja adapteriliitinten hylly, puolivalmiiden putkien ja holkkiiliitinten hylly sekä valmiiden joustavien putkien keräilyhylly. Hyllyistä tehtiin Solidworks-ohjelmalla pelkistetyt 3D-mallit, joiden ulkomitat vastaavat samanlaisia hyllyjä, joita putkiosastolla on käytössä entuudestaan.

Joustavista putkista ja niihin kuuluvista osista oli olemassa 3D-mallit. Mallien perusteella kaikille liitinosille, puolivalmiille putkille sekä valmiille putkille määritettiin

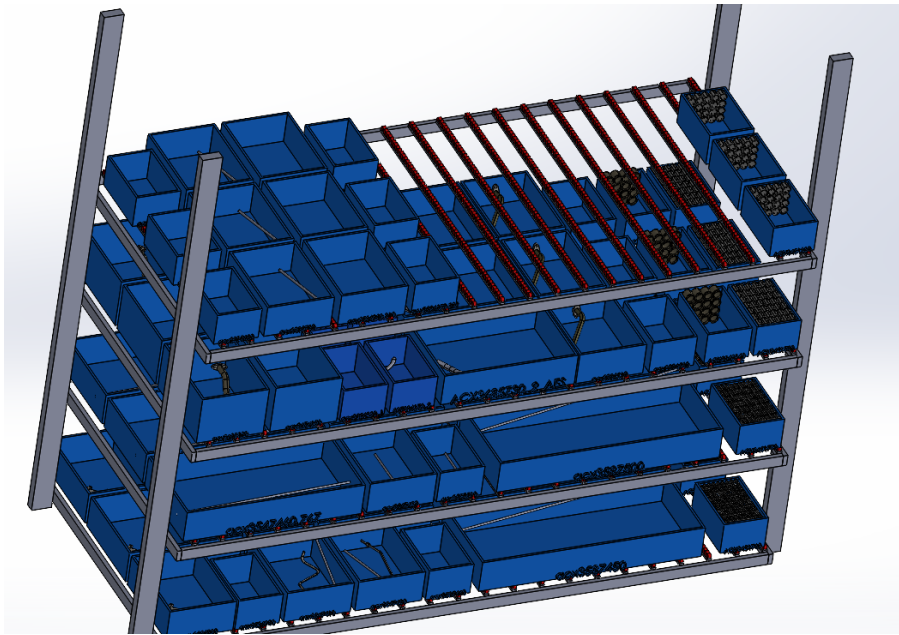
sopivan kokoiset eurolaatikot. Eurolaatikon koot määritettiin myös siten, että jokaista laatikkoa mahtuu hyllyyn kolme peräkkäin. Eurolaatikot mallinnettiin ja ne asetettiin läpivirtaushyllyihin, jolloin nähtiin kuinka paljon laatikot vaativat tilantarvetta. Hyllyihin jätettiin myös hieman ylimääräistä tilantarvetta, mikäli uusia joustavien putkien malleja tulee tai on tarve esimerkiksi isommille laatikoille. Vielä ei tiedetä mikä laatikoiden maksimikapasiteetin tulee olla, koska tuotantomäärät tulevat kasvamaan tulevaisuudessa ja menekistä ei ole vielä varmaa tietoa.

Kuvassa 34 nähdään kokoonpano letkunpätkien ja adapteriliitinten hyllystä. Mallissa laatikot eivät ole täynnä osia, koska se olisi vaatinut enemmän suorituskykyä tietokoneelta. Todellisuudessa laatikot tulevat olemaan täynnä. Hylly toimii välivarastona katkaistuille teräspunosletkuille sekä kumiletkuille, jotka tuodaan leikkurilta katkaistuina. Hyllyssä säilytetään myös adapteriliittimiä sekä kumiletkuihin tarvittavia liittimiä ja letkuklemmareita.



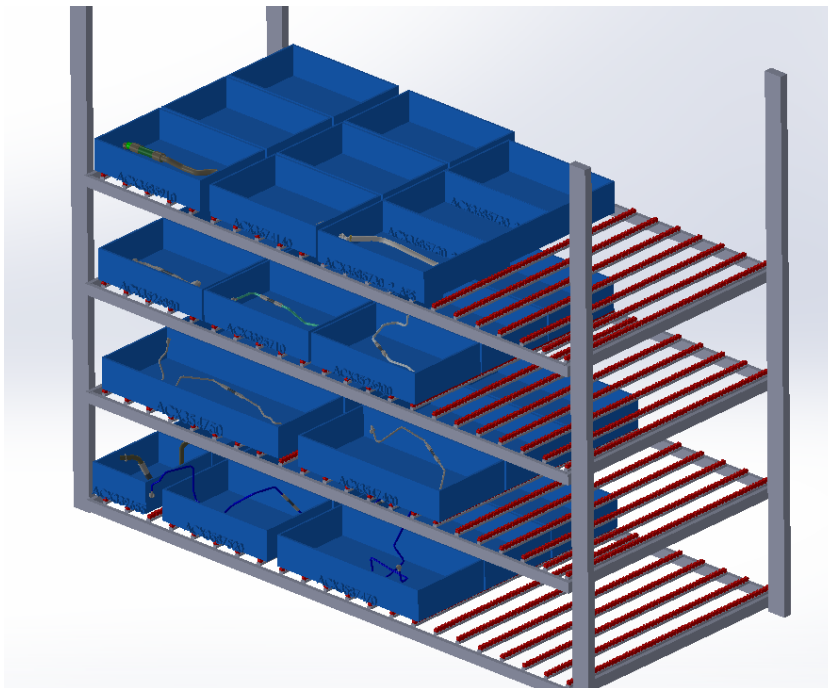
KUVA 34. Letkunpätkien ja adapteriliitinten läpivirtaushylly.

Kuvassa 35 on puolivalmiiden putkien ja holkkiiliitinten hylly. Puolivalmiit putket tuodaan hyllyyn odottamaan joustavien putkien loppukokoonpanovaihetta. Hyllyssä säilytetään lisäksi holkkiiliittimiä.



KUVA 35. Puolivalmiiden putkien ja holkkiliittimien läpivirtaushylly.

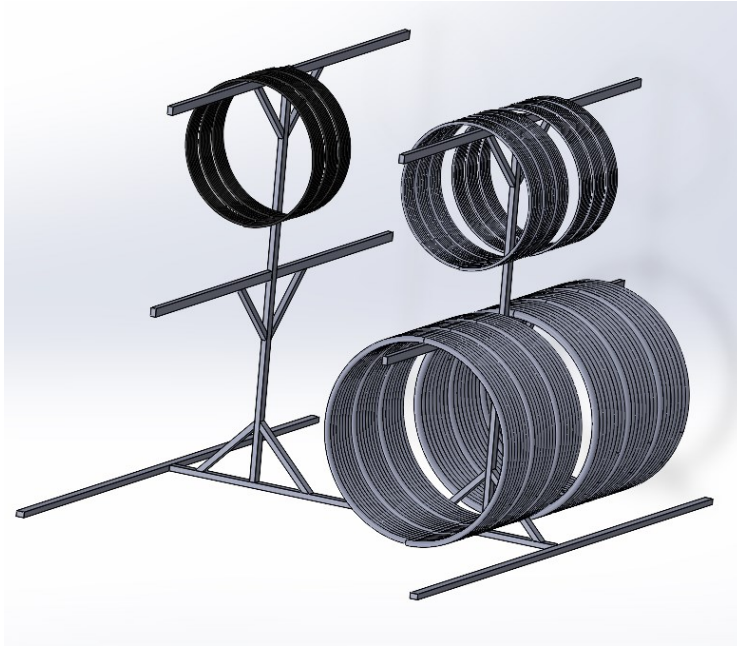
Kuvassa 36 on valmiiden joustavien putkien läpivirtaushylly. Hyllyyn laitetaan valmiiksi tehdyt joustavat putket odottamaan lähetystä moottorikokoonpanohalliin.



KUVA 36. Valmiiden joustavien putkien läpivirtaushylly.

Letkukerien varastointi vanhassa layoutissa oli haastavasti toteutettu, minkä takia uuteen kokoonpanosoluun mallinnettiin uusi letkuteline (kuva 37). Suunniteltu teline on karkea mallinnus siitä minkälainen se voisi tulla olemaan. Telineestä voidaan nostaa käsin pienemmät ja kevyemmät letkukerät ja isommat painavammat

letkukerät voidaan nostaa katonostinta apuna käyttäen. Telineessä säilytetään teräspunosletkukerät sekä kumiletkukerät.



KUVA 37. Luonnostelma letkutelineestä.

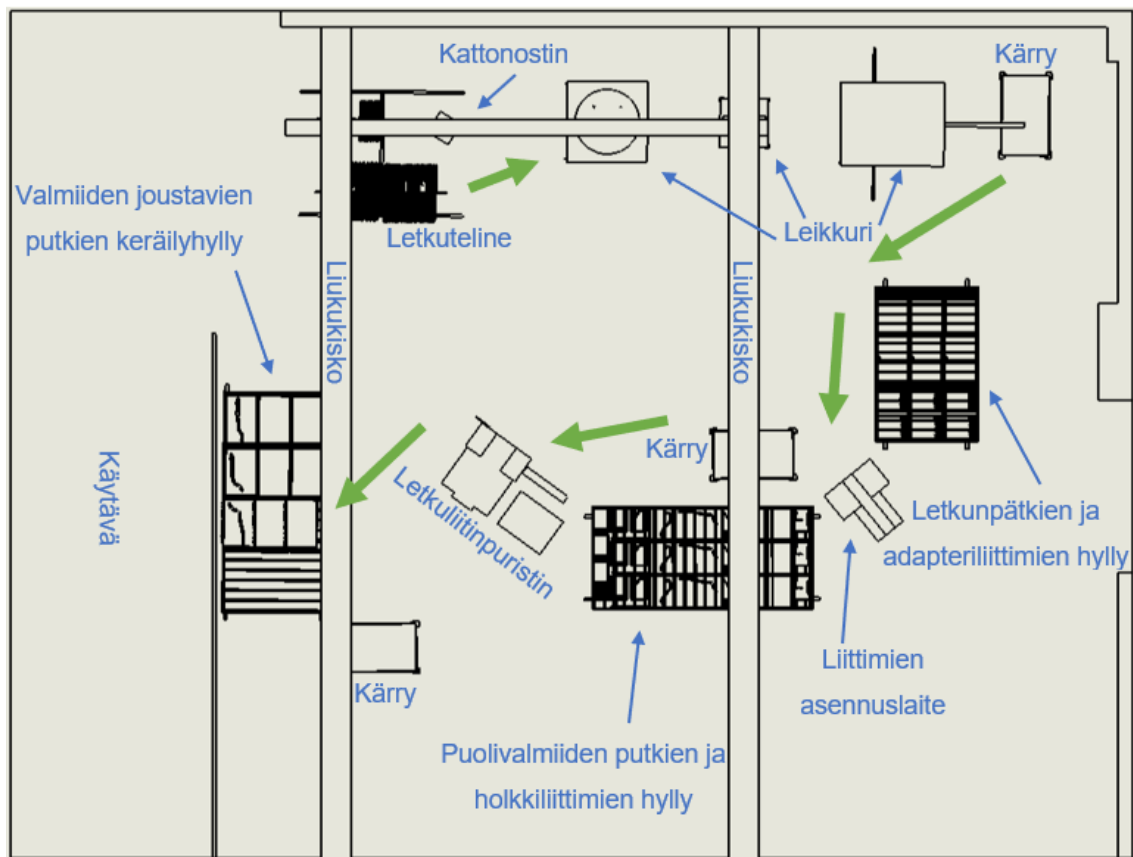
Läpivirtaushyllyt ja letkuteline asetettiin yhteiseen kokoonpanoon. Lisäksi kokoonpanoon asetettiin pelkistetyt mallit leikkurista, katonostimesta ja liittimien asennuskoneesta. Kokoonpano tehtiin Visual Components -ohjelmistolla, jossa määritettiin laitteiden paikat ja nähtiin niiden vaatima tilanterve. Kuvassa 38 nähdään hahmotelma siitä, miltä joustavien putkien kokoonpanosolu läpivirtaushyllyillä tulisi näyttämään.





KUVA 38. Kokoonpanosolu läpivirtaushyllyillä.

Kuviossa 9 on suunniteltu layout, johon on merkitty laitteiden ja hyllyjen nimet sekä vihreillä nuolilla kuvattu työnkulku kokoonpanosolussa. Layoutista nähdään, että kokoonpanosolu noudattaa tuotantosolu-layoutin työnkulun rakennetta.

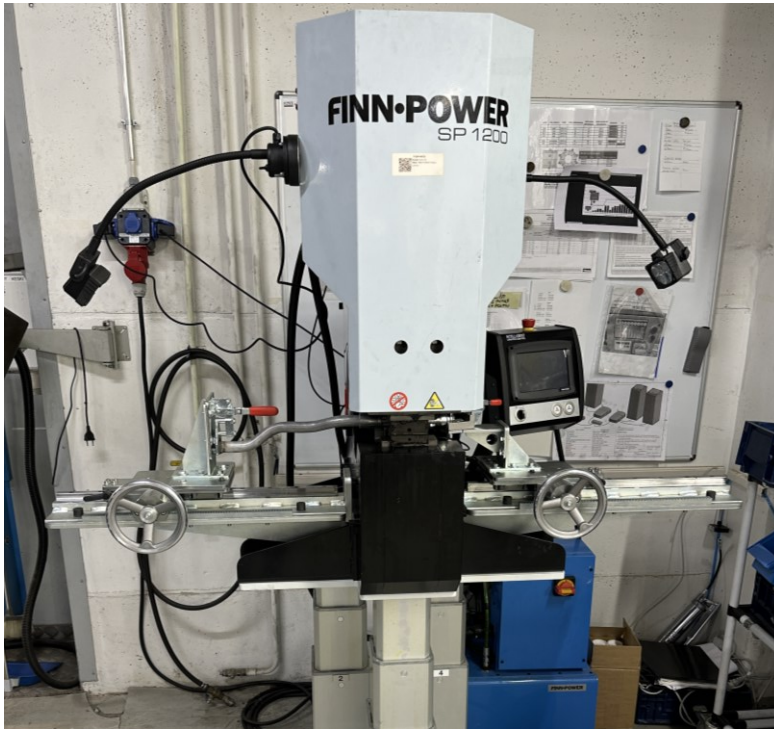


KUVIO 9. Layout läpivirtaushyllyillä.

Työnkulku alkaa, kun letkukerä asetetaan letkutelineestä leikkurin syöttölaitteeseen. Letkukerän nostamisessa voidaan käyttää apuna katonostinta. Leikkuri leikkaa letkun automaattisesti asetetun mitan mukaisiksi pätkiksi. Leikkuri voi olla päällä samanaikaisesti, kun solussa työntekijä tekee muita työtehtäviä. Katkaistut letkunpätkät tippuvat keräilykärryyn, joka on leikkurin kuljetushihnan alla. Letkunpätkät välivarastoidaan letkunpätkien ja adapteriliittinten hyllyyn.

Seuraavana vaiheena on varsinainen joustavien putkien kokoonpanovaihe. Joustavien putkien kokoonpano noudattaa pääsääntöisesti samoja työvaiheita kuin aiemmin esitellyssä kappaleessa 6. Erona aiempaan holkki liittimien asettamiseksi teräspunosletkun pätkiin ei tarvitse käyttää mellapeltiä, koska käytössä on uusi leikkuri, joka estää rispaantumisen. Lisäksi putkiin, joissa käytetään adapteriliittintä, adapterin työntämiseen käytetään uutta liittimien asennuskonetta ruuvipenkin sijaan. Uudessa kokoonpanossa ei myöskään käytetä samoja jigejä, jotka esiteltiin aiemmin. Kehitteillä on jigejä, jotka kiinnitetään letkuliitinpuristimen yhteyteen. Uusilla jigeillä saadaan putkien puristusliitosten kulmat kohdistettua

kerralla oikein, eivätkä kulmat pääse muuttumaan puristuksen aikana vahingossa (kuva 39).



KUVA 39. Uusi kehitteillä oleva jigi letkuliitinpuristimen yhteyteen.

Suunnitellulla layoutilla, joka toteutettiin läpivirtaushyllyillä, saavutetaan selkeä materiaalivirta. Laitteet ja hyllyt on järjestetty mahdollisimman lähelle toisiaan, muttei kuitenkaan niin, että työskentelystä tulee liian ahdasta. Lisäksi kokoonpanosolulle varatulle alueelle mahtuu muutamia lisähyllyjä, joita putkiosaston muulla tuotannolla oli tarve.

Huonona puolena voidaan pitää sitä, että välivarastoja on jonkin verran. Se antaa tuotannolle puskuria ja joustavuutta, mutta lean-ajattelun mukaan niitä tulisi välttää mahdollisimman hyvin. Esimerkiksi hieman kyseenalaisena voidaan pitää puolivalmiiden putkien välivarastoinnin tarvetta. Puolivalmiiden putkien läpivirtaushylly antaa puskuria tuotannolle, etteivät valmiit putket pääse loppumaan kesken. Joustavuus on kuitenkin huomioitu jo valmiiden putkien hyllyssä. Näin ollen kokoonpanossa on kahteen kertaan varmistettu tuotannon joustavuus ja puolivalmiiden putkien välivarastointihyllyä voidaan pitää hieman tarpeettomana.

### 9.3 Layout automaattivarastolla

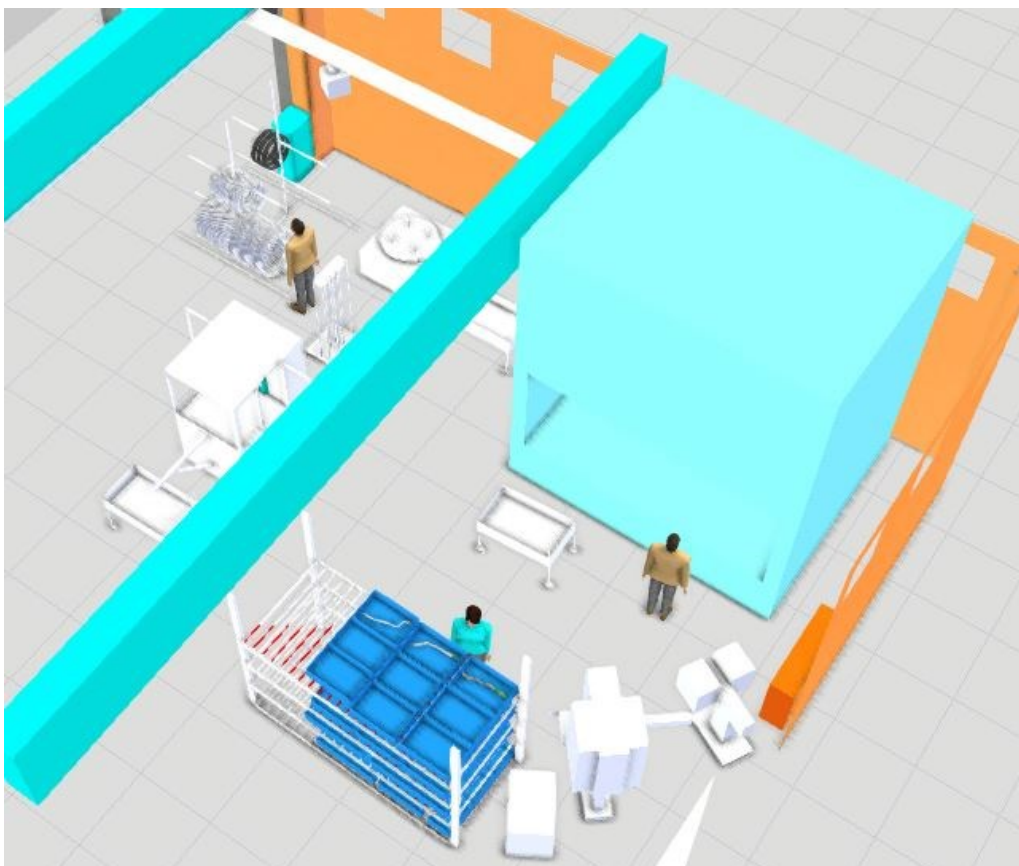
Toinen layout-vaihtoehto toteutettiin automaattisella varastolla. Agco Powerin Linnavuoren tehtaalla on käytössä useita automaattivarastoja. Automaattivarastoilla saavutetaan tehokas tilankäyttö sekä varastojen käyttö on ergonomista ja helppoa. Tämä edesauttaa myös työturvallisuutta. Kuvassa 40 nähdään putkiosastolla entuudestaan käytössä oleva Kardex-automattivarasto.



KUVA 40. Putkiosaston automaattivarasto.

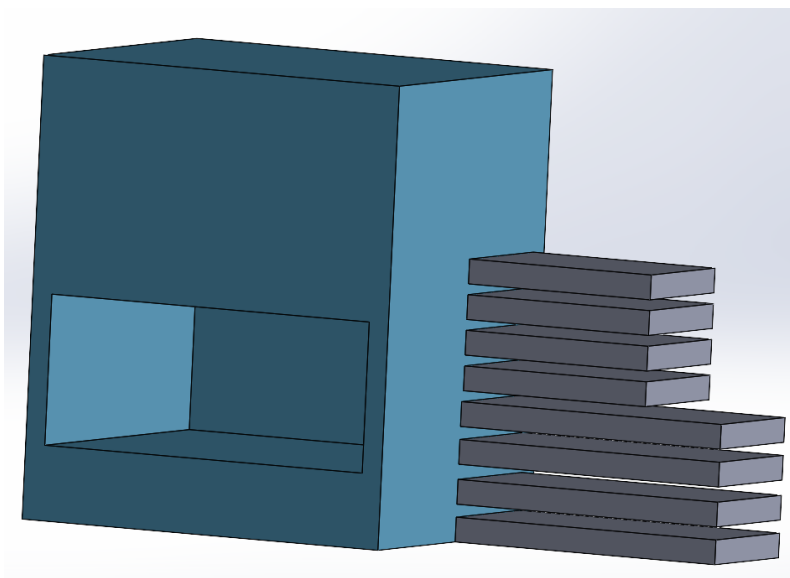
Automaattiseksi varastoksi layoutiin valikoitui Kardex Shuttle 500. Kantavuutta yhtä hyllyä kohden on 560 kg. Kardex voi räätälöidä automaattivaraston asiakkaan tarpeiden mukaan (Kardex 2023). Kardexin kooksi määritettiin mahdollisimman iso, joka putkihallissa joustavien putkien kokoonpanolle varattuun tilaan mahtui. Määrittävinä tekijöinä olivat kattokorkeus sekä hallin tolppavälin pituus. Valitun Kardexin leveydeksi valittiin 3700 mm ja korkeudeksi 4300 mm. Syvyydeksi valittiin 3074 mm, joka oli ilmoitettu maksimisyvyys Kardex Shuttle 500 -varastolle (Kardex 2023). Kardexin valinta on vain arvio ja todellinen valinta tul-taisiin tekemään Kardexin edustajan kanssa, mikäli päädyttäisiin valitsemaan layout-vaihtoehto automaattivarastolla.

Automaattisessa varastossa tullaan säilyttämään joustavien putkien kokoonpanossa tarvittavia osia, eli samoja osia, joita säilytettiin aiemmin esitellyissä läpivirtaushyllyissä. Ainoastaan jäljelle jätettiin valmiiden joustavien putkien keräilyhylly, koska siihen on kätevä kerätä valmiit putket odottamaan keräilyä ja lähetystä. Muutoin layoutissa on samat laitteet, kuin aiemmassa läpivirtaushylly-layoutissa. Kardexista tehtiin samoin pelkistetty 3D-malli, kuin muistakin laitteista ja ne asetettiin yhteiseen kokoonpanoon, joka nähdään kuvassa 41.



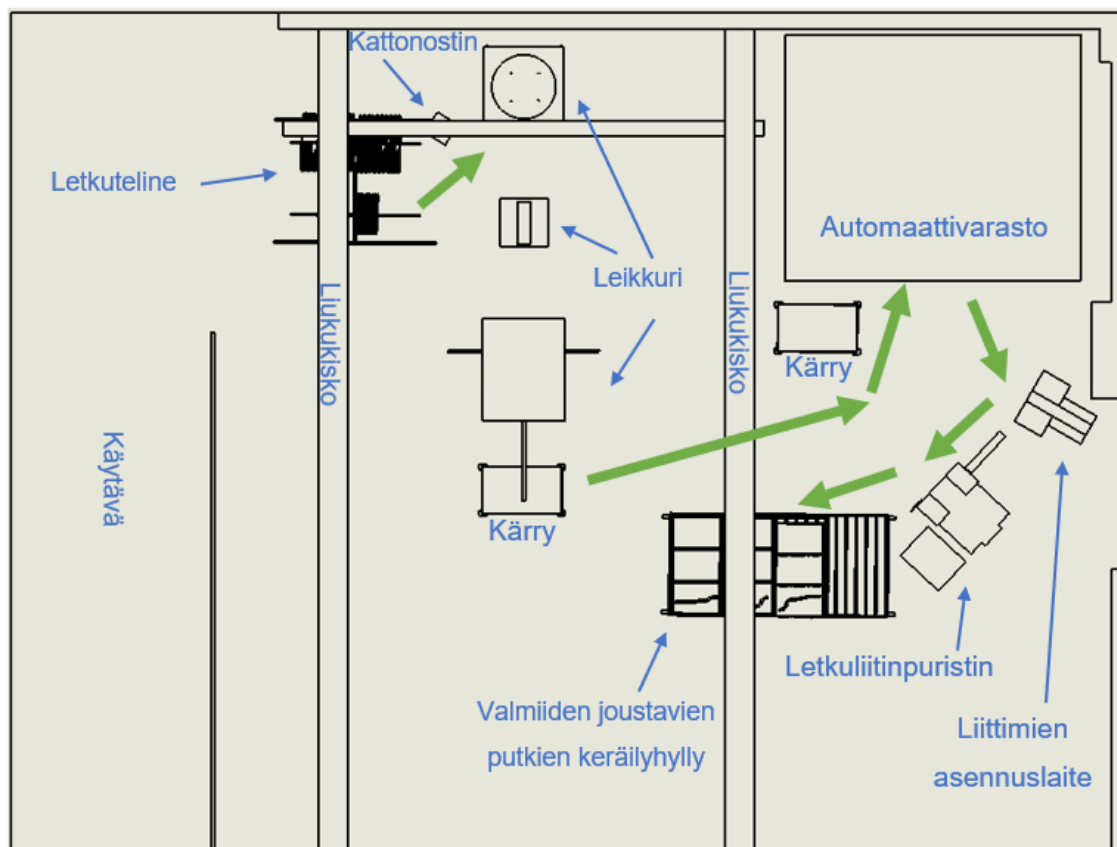
KUVA 41. Kokoonpanosolu automaattivarastolla.

Joustavien putkien osien tilantarve tuli varmistaa, jotta ne mahtuvat automaattivarastoon. Aiemmin osille oli määritetty sopivat eurolaatikkojen ja läpivirtaushyllyjen koot. Läpivirtaushyllytasojen kokojen ja hyllyjen lukumäärän perusteella määritettiin kuinka paljon ne vievät tilaa automaattivarastosta. Kuvassa 42 nähdään hyllytasojen karkea sovitussuunnitelma automaattivarastoon. Kuvasta nähdään, että valittu automaattivarasto on riittävän kokoinen ja joustavien putkien osat vievät tilaa noin puolet kokonaiskapasiteetista.



KUVA 42. Joustavien putkien osien tilantarpeen määrittäminen automaattivarastoon.

Kuviossa 10 nähdään layout automaattivarastolla, josta käy ilmi laitteiden paikat sekä työnkulku. Letkuliitinpuristin ja liittimien asennuskone ovat lähellä varastoa, jolloin osia on helppo noukkia. Valmiit putket kerätään valmiiden putkien hyllyyn odottamaan lähetystä eteenpäin.



KUVIO 10. Layout automaattivarastolla.

Tilankäytön kannalta automaattinen varasto on hyvä vaihtoehto. Varastoon mahtuu joustavien putkien osien lisäksi muutakin tavaraa, joille putkiosaston tuotannolla oli tarve. Sen käyttö mahdollistaa lattiapinta-alan tehokkaan käytön, jolloin kokoonpanosolussa on tilaa mahdollisille myöhemmille tuotannon laajentamisille. Lean-ajattelun kannalta automaattinen varasto ei ole parempi vaihtoehto kuin läpivirtaushyllyt, koska välivarastointia syntyy jälleen.

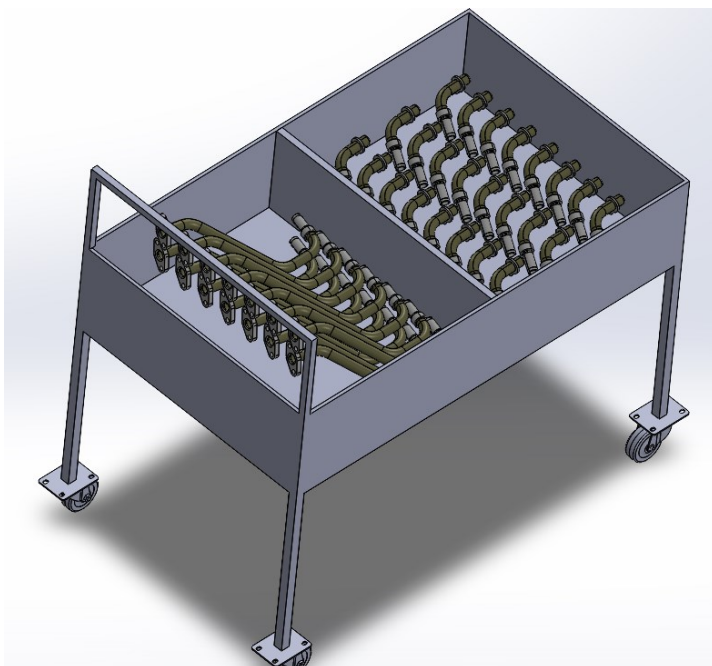
#### 9.4 Layout kärryillä

Kolmas layout-vaihtoehto toteutettiin kärryillä. Kärryissä tullaan kuljettamaan ja välivarastoimaan puolivalmiita putkia. Puolivalmiita putkia kuljetetaan hitsaus- ja juotospisteiltä kokoonpanosoluun odottamaan joustavien putkien loppukokoonpanoa. Kuvassa 43 nähdään kärryparkki, joka on entuudestaan putkiosastolla käytössä. Kärryparkkiin tuodaan tuotannossa valmistetut putket, jotka odottavat hitsaus- ja juotosvaihetta. Kärryillä putkia on helppo kuljettaa ja turhia välivaiheita ei synny. Putkia ei tarvitse nostella edestakaisin välivarastohyllyistä tai erillisistä laatikoista. Uuteen joustavien putkien kokoonpanosoluun suunniteltiin vastaavantyyppinen kärryparkki.



KUVA 43. Juotos- ja hitsauspisteiden kärryparkki.

Uuteen kääryparkkiin tulevat kääryt mallinnettiin karkeasti, jotta nähtiin niiden vaatima tilantarve. Kuvassa 44 nähdään luonnos suunnitellusta käärystä. Kääry on mallinnettu ulkomitoiltaan samankokoiseksi kuin putkiosastolla entuudestaan olevat kääryt. Kääryissä on väliseinä, joka erottaa joustavan putken puolivalmiit osat toisistaan. Kääryjä on yhteensä kymmenen, jokaiselle joustavan putken mallille omansa.

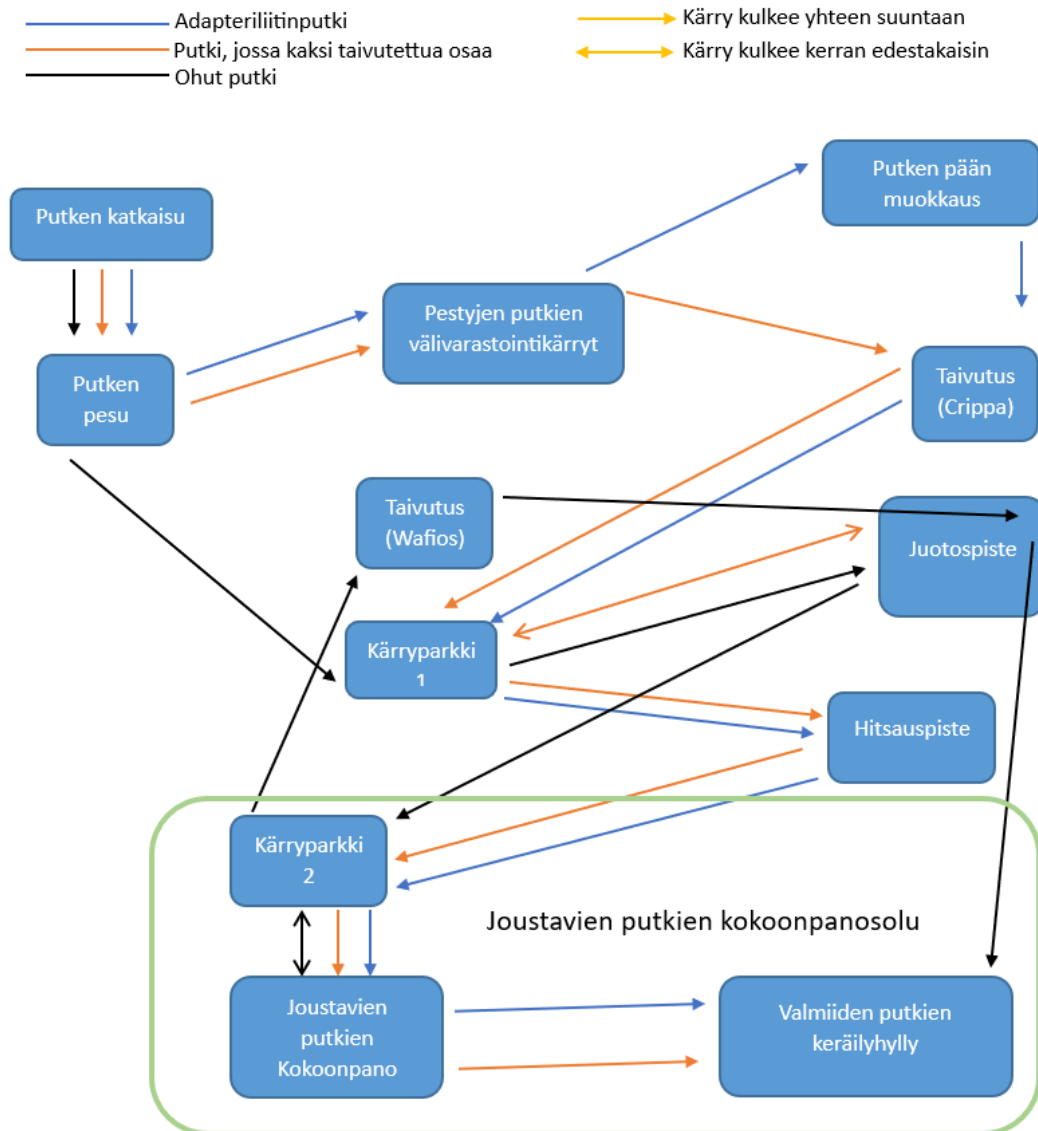


KUVA 44. Luonnostelma käärystä.

Kääryjä käytetään joustavien putkien muissakin tuotannonvaiheissa kuin vain kokoonpanosolussa. Kääryt kulkevat samat nykyiset tuotannon reitit, kuin putkiosastolla jo olemassa olevat kääryt. Lisänä nykyisiin kääryihin joustaville putkille tarkoitettut kääryt kulkevat vielä pidemmälle kokoonpanosoluun asti.

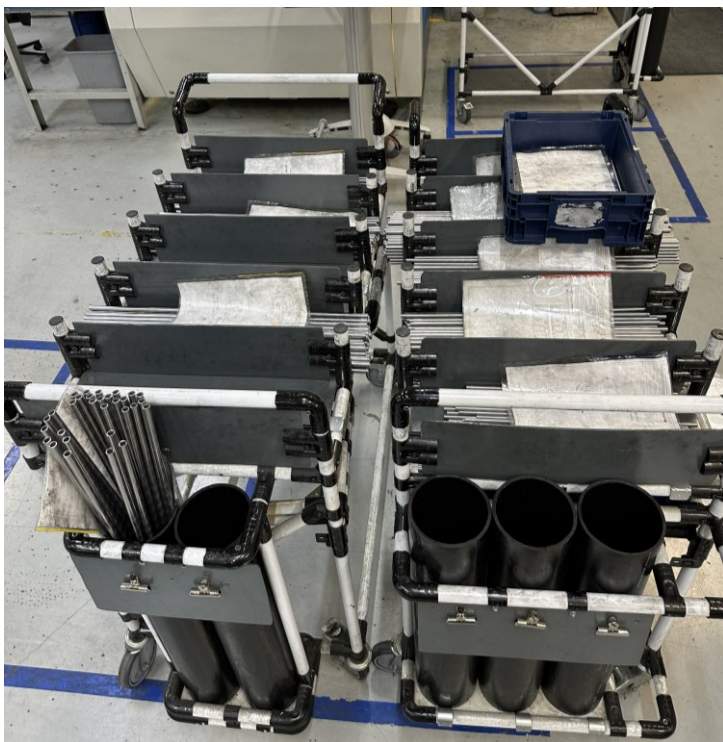
Kuviossa 11 nähdään kaaviokuva, kuinka kääryt kulkevat joustavien putkien tuotannossa ensimmäisestä työvaiheesta kokoonpanosolun valmiiden putkien keräilyhylyyn. Kääryjen kulku työpisteiden välillä noudattaa samaa järjestystä kuin kappaleessa 6 esitellyt joustavien putkien työvaiheet.





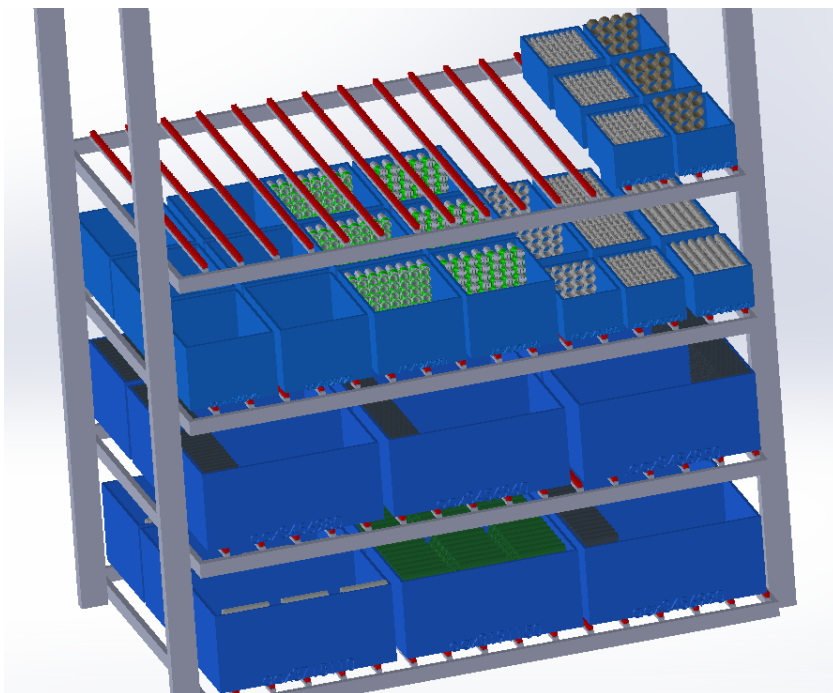
KUVIO 11. Kärkyjen kulku työpisteiden välillä.

Putken katkaisun ja pesun välillä kärkyä ei käytetä lainkaan, koska työpisteet ovat lähellä toisiaan. Pesun jälkeen putkia kuljetetaan toisenlaisilla välivarastointikärkyillä (kuva 45). Poikkeuksena ohuita putkia tullaan kuljettamaan heti pesun jälkeen uusilla suunnitelluilla kärkyillä, koska niiden työnkulku eroaa muista putkityypeistä merkittävästi. Adapteriliitinputkia ja putkia, joissa on kaksi taivutettua osaa, tullaan kuljettamaan uusilla kärkyillä vasta taivutuksen jälkeen. Ennen taivutusvaihetta putkia on kuljetettu toisilla kuvan 45 välivarastointikärkyillä.



KUVA 45. Pestyjen putkien välivarastointikärryt.

Kärrylayoutiin jätettiin yksi osille tarkoitettu läpivirtaushylly, jossa säilytetään letkupätkiä, adapteriliittimiä sekä holkki liittimiä. Samassa hyllyssä säilytetään myös kumiletkupunätkiä ja valmistettaviin kumiletkuihin liittyviä osia. (kuva 46). Lisäksi layoutiin jätettiin valmiiden putkien keräilyhylly, joka on ollut myös aiemmissa layout-vaihtoehtoissa.



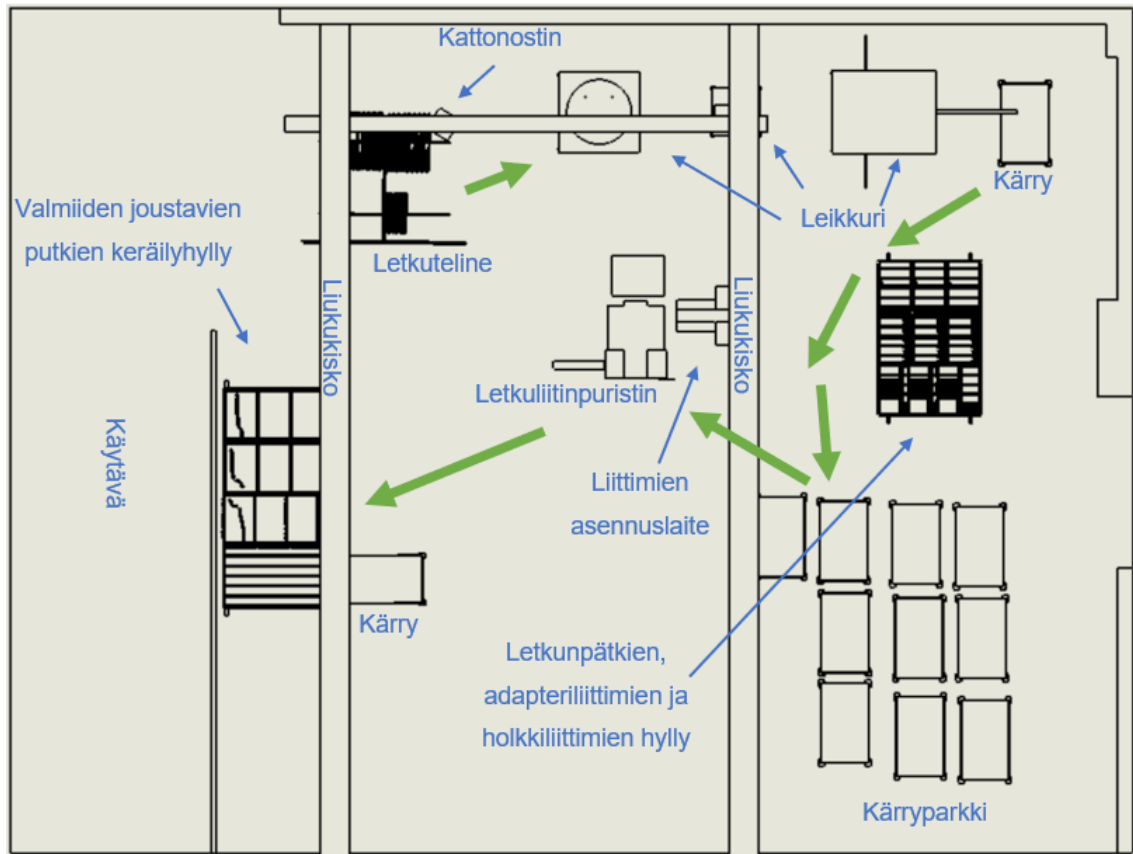
KUVA 46. Letkupätkien, adapteriliittinten ja holkki liittinten läpivirtaushylly.

Kaikki aiemmissa layouteissa olleet laitteiden mallit asetettiin yhdessä mallinnettujen kÄrryjen kanssa samaan kokoonpanoon (kuva 47). Kokoonpanossa mallit jÄrjesteltiin niin, ettÄ työvaiheiden toiminnot ovat sujuvassa jÄrjestyksessÄ.



KUVA 47. Kokoonpanosolu kÄrryillÄ.

Kuviossa 12 nÄhdÄÄn layout kÄrryillÄ. Työnkulku on hyvin samankaltainen kuin aiemmin tehdyssä layoutissa läpivirtaushyllyillÄ. Työnkulun alku on samanlainen, mutta puolivalmiita putkia ei oteta hyllystä vaan ne ovat kÄrryissä. Joustavien putkien kokoonpanoa varten kÄrry haetaan kÄrryparkista lähemmÄksi solun keskellä sijaitsevia laitteita. Kun kÄrryissä olevat putket on kasattu valmiiksi ja viety valmiiden putkien kerÄilyhyllyyn tyhjä kÄrry viedÄÄn kÄrryparkin perÄlle odottamaan. Kun työtilaus uusista joustavista putkista tulee, tyhjä kÄrry viedÄÄn odottamaan putkia ensimmäiselle työpisteelle, jossa kÄrryjÄ tarvitaan. Esimerkiksi jos kyseessä on adapteriliitinputki, niin tyhjä kÄrry viedÄÄn odottamaan Crippa-putken-taivutus koneelle.



KUVIO 12. Layout kärryillä.

Layout-vaihtoehdolla, joka on toteutettu kärryillä, saavutetaan selkeä materiaali-virta ja useita ylimääräisiä työvaiheita jää pois. Turhia välivarastoja saadaan pienennettyä, eikä putkia tarvitse nostella erillisistä laatikoista edestakaisin. Tilankäytön kannalta kärryt vievät paljon lattiapinta-alaa. Näin ollen putkiosaston tuotannon lisähyllyjen tarpeelle ei jää niin paljoa tilaa kuin muissa layouteissa.

Aiemmissa layout-vaihtoehdoissa puolivalmiita putkia oli yhtä nimikettä kohden kolme laatikkoa. Kärrylayoutissa yhtä nimikettä kohden on vain yksi kärry. Tuotannon joustavuus on kuitenkin otettu huomioon valmiiden putkien hyllyssä. Näin ollen ei ole tarvetta lisäkärryille. Layoutissa on tilaa kuitenkin suuremmalle määrälle kärryjä, mikäli tulevaisuudessa uusia joustavien putkien malleja tulee. Kärryt voidaan valmistaa Linnavuoren tehtaalla itse ja ne voidaan räätälöidä tarpeeseen hyvin. Jokaiselle nimikkeelle on oma kärrynsä ja määritetty kulkureitti, joka seuraa tuotannon työvaiheita.

## 9.5 Säätetty aika

Työssä selvitettiin, kuinka paljon uudella layoutilla voidaan säästää aikaa työpisteiden välillä kuljetuissa matkoissa. Tässä huomioitiin ainoastaan työpisteiden välimatkoihin käytetyt ajat, koska uusien layoutien laitteiden käyttöön kuluva aikaa on vaikea arvioida.

Erästä putkea saadaan valmistettua kokonaisesta letkukerästä 172 kappaletta. Oletetaan, että letkukerä katkaistaan kerralla pätkiksi ja letkunpätkät varastoidaan välivarastoon. Välivarastosta poimitaan yhden erän verran letkunpätkiä. Erän määrä voi olla esimerkiksi 30 kappaletta, koska sitä voidaan pitää määränä, joka voidaan kuljettaa yhdellä kerralla. Tämän avulla voidaan välttää tilanteita, jossa työntekijä joutuu palaamaan välivarastolle hakemaan lisää letkua. Työntekijä kävelee layouteissa olevien työpisteiden välillä vain kerran.

Työpisteiden välillä olevien kulkureittien pituudet mitattiin layouteista. Työntekijän kävelyvauhdiksi valittiin 3 km/h. Taulukossa 1 nähdään eri layouteissa käytetyt kokonaismatkat sekä -ajat.

TAULUKKO 1. Layouteissa kuljetut matkat ja niihin käytetyt ajat yhden erän valmistuksessa.

Layout-tyyppi	Kuljettu matka (m)	Käytetty aika (min)
Vanha layout	197	3,94
Layout läpivirtaushyllyillä	20,6	0,41
Layout automaattivarastolla	22,2	0,44
Layout kärryillä	20,2	0,40

Keskimäärin uusilla layouteilla kuljetaan 21 metrin matka ja aikaa siihen kuluu 0,42 minuuttia. Uusissa layouteissa kävellään 176 metriä vähemmän kuin vanhassa ja aikaa vanhaan verrattuna säästyy 3,52 minuuttia. Ero ei vaikuta suurelta, mutta mitä enemmän joustavia putkia valmistetaan, sitä enemmän eron vaikutus korostuu. Esimerkiksi erästä putkea valmistetaan tänä vuonna noin 2000 kappaletta. Tällä tuotantomäärällä uudella layoutilla säästetään aikaa vanhaan verrattuna noin 4 tuntia. Tulevaisuudessa joustavia putkia tullaan tekemään enentyvässä määrin, jolloin uudella layoutilla säästetty aika korostuu entisestään. Uudet Core-moottorit siirtyvät hiljalleen korvaamat vanhat moottorit, jolloin joustavien putkien tuotantomäärät tulevat kasvamaan jatkuvasti.

Työn tavoite ei ensisijaisesti ollut lyhentää joustavien putkien valmistuksen läpimenoaikaa. Työpisteiden ollessa toisiaan lähellä sujuvoitetaan ja selkeytetään tuotantoa, mutta samalla säästetään myös aikaa. Sillä, että työpisteet ovat lähellä voidaan myös todennäköisesti pienentää työvaiheisiin kuluva aikaa. Työntekijöiden keskittyminen pysyy paremmin työtehtävässä, kun työtä ei tarvitse keskeyttää poistumalla työpisteeltä ja kulkemalla pitkiä matkoja työvaiheelta toiselle. Kokoonpanosolussa kaikki joustavan putken valmistukseen tarvittavat osat ja laitteet ovat helposti saatavilla.

## 10 POHDINTA

Työn pohjalta Agco Power saa käyttöönsä kolme erilaista layout-vaihtoehtoa, joista yritys voi valita heille parhaiten soveltuvimman. Valitusta layoutista saa hyvän lähtökohdan uudelle joustavien putkien kokoonpanosolulle. Layout-suunnitelman pohjalta solua voidaan aloittaa rakentamaan, mutta oikea tuotannon toiminnallisuus nähdään vasta, kun joustavia putkia on uudessa kokoonpanosolussa tehty jonkin aikaan. Näin ollen uutta kokoonpanosolua tulee jatkokehittää samalla, kun joustavia putkia valmistetaan ja tehdä mahdollisia muutoksia ja lisäyksiä layoutiin.

Kaikki kolme layoutia ovat toiminnoiltaan hyvin samankaltaisia. Jokaisessa layoutissa laitteet ovat lähellä toisiaan ja työkierto on samassa järjestyksessä. Kaikilla layouteilla säästetään lähes saman verran aikaa nykyiseen kokoonpanoon verrattuna. Eroavina tekijöinä layouteissa ovat puolivalmiiden putkien ja liitinosien välivarastot, joiden varastointitavat vaihtelevat layoutin mukaan. Layoutin valinnassa tuleekin ottaa huomioon ensisijaisesti välivarastojen eroavaisuudet.

Layout läpivirtaushyllyillä on vaihtoehtoista yksinkertaisin toteuttaa. Hyllyistä on helppo ottaa osia, koska ne ovat selkeästi näkyvillä. Läpivirtaushyllyt eivät vie koko lattiapinta-alaa, jolloin tilaa jää myös muun tuotannon lisätarpeille. Läpivirtaushyllyt voivat aiheuttaa tarpeetonta joustoa tuotannossa, koska tuotannon puskuri on jo varmistettu valmiiden putkien hyllyssä.

Tilankäytön kannalta layout automaattivarastolla on tehokkain. Automaattivarastoon mahtuu kaikki joustavien putkien valmistuksessa käytettävät osat sekä lisäksi varastoon jää tilaa putkiosaston muulle tuotannolle. Automaattivarastolla voidaan hyödyntää tilan koko korkeutta, jota ei muissa layouteissa hyödynnetä yhtä hyvin. Lattiapinta-alaa jää enemmän vapaaksi esimerkiksi tuotannon myöhemmille laajentamisille. Investointikustannuksiltaan layoutia automaattivarastolla voidaan pitää kalleimpana vaihtoehtona.

Layout kärryillä vie jonkin verran tilaa, koska suunniteltu kärryparkki on suuri. Tilaa jää kuitenkin jäljelle muun tuotannon lisähyllyille, vaikkakin vähemmän kuin läpivirtaushyllylayoutissa. Etuna muihin layouteihin kärrylayoutilla jää useita työvaiheita pois, koska puolivalmiita putkia ei tarvitse erikseen nostella hyllyistä edestakaisin. Kärrylayoutilla turhia välivarastoja saadaan myös karsittua, eikä ylimääräisiä puskureita synny. Kärryt voidaan Linnavuoren tehtaalla valmistaa itse ja räätälöidä käyttötarkoituksen mukaan.

Layout-vaihtoehtoja yhdistämällä voitaisiin hyödyntää layoutien hyviä puolia entistä paremmin. Esimerkiksi automaattivarasto voitaisiin yhdistää kärrylayoutin kanssa. Automaattivarastolayoutissa on paljon ylimääräistä tilaa, johon kärryparkki voitaisiin sijoittaa. Mikäli layouteja halutaan yhdistää, tulee niitä muokata ja laitteiden sijoittelua harkita uudelleen. Yhdistämisestä huolimatta tilaa jäisi todennäköisesti hieman vielä mahdollisille tuotannon myöhemmille laajentamisille.

Layoutin käytännön toteutus jäi ulkopuolelle opinnäytetyöstä, koska vapaata tilaa kokoonpanosolulle ei vielä ole. Lisäksi opinnäytetyöstä olisi tullut liian pitkä. Esimerkiksi työn ulkopuolelle jää vielä letkutelineen parempi suunnitteleminen. Mikäli päädytään layout-suunnitelmaan automaattivarastolla, tulee Kardex määrittää paremmin yhdessä edustajan kanssa. Mikäli päädytään valitsemaan layout-vaihtoehto kärryillä, tulee kärryt suunnitella paremmin. Lisäksi jokaisessa layoutissa oli käytössä yksi tai useampi läpivirtaushylly, jotka pitää tilata, kun layoutia aloitetaan rakentamaan.

Opinnäytetyössä laitteiden hintoja ei otettu huomioon. Layoutin ja leikkurin kustannuksille ei ollut laadittu määrittävää budjettia. Esimerkiksi leikkuria valitessa sen hintaa ei otettu huomioon lainkaan. Valmistaja lupasi leikkurin olevan hyvä putkiosaston tuotannon tarpeisiin, jonka takia leikkuri valittiin. Muita toiminnallisuuksiltaan parempina pidettäviä vaihtoehtoja leikkuria valittavana ajankohtana ei ollut saatavilla. Täyttä varmuutta ei vielä ole tullaanko leikkuri tilaamaan vai ei. Layouteja voidaan kuitenkin vielä tässä vaiheessa kohtuullisella vaivalla muuttaa ja vaihtaa sinne leikkuri, joka tilataan.



Yhtenä layout-vaihtoehtona pidettiin robotin lisäämistä uuteen joustavien putkien kokoonpanosoluun. Robotin suunnittelu kuitenkin unohdettiin, koska tässä vaiheessa on tärkeämpää tehdä yksinkertainen layout, jossa työntekijät suorittavat kaikkia työvaiheita. Joustavien putkien valmistamisesta ei ole vielä paljoa kokemusta, ja tuotannossa on käynnissä useita kehityskohteita. Tästä syystä uuden solun toimivuudesta pitää varmistua ennen kuin robotti voidaan suunnitella osaksi kokoonpanotuotantoa.

Yrityksen toiveesta joustavien putkien tuotantomenetelmät esiteltiin, sillä yritykselle on hyödyllistä tietää, miten tuotantoprosessi toimii kokonaisuudessaan. Esimerkiksi suunnittelijat, jotka eivät työskentele putkiosastolla voivat perehtyä joustavien putkien valmistusmenetelmiin tämän työn avulla. Valmistusmenetelmät löytyvät kootusti yhdestä paikasta, jolloin niiden ymmärtäminen on vaivatonta. Joustavien putkien alkutuotannon yksityiskohtaista läpikäyntiä voidaan pitää työn kannalta hieman tarpeettomana, koska työssä keskitytään loppukokoonpanon kehittämiseen. Yritys kuitenkin hyötyy työvaiheiden esittelystä, joten ne sisällytettiin opinnäytetyöhön.

Putkiosastolla oli paljon kehitysideoita, mutta ne olivat alkuperäisen työnrajoituksen ulkopuolella. Kehitysideoita olivat muun muassa uusien jigien suunnittelu letkuliitinpuristimeen ja mellapellin korvaavan työkalun kehittäminen. Näiden sisällyttäminen työhön olisi ollut vaikeaa, koska alkuperäisenä ajatuksena oli valita uusi leikkuri ja suunnitella layout joustavien putkien kokoonpanolle.

Työssä tärkeässä roolissa olleet lean-ajattelu ja layout-suunnittelu olivat täysin uusia käsitteitä. Lisäksi aiempaa kokemusta putkiosaston toiminnasta ja vastaavanlaisesta tuotannosuunnittelusta ei ollut, joten siihen nähden työtä voidaan pitää onnistuneena. Suunnittelussa piti ottaa huomioon työntekijöiden mielipiteet ja näkökulmat. Kokeneet työntekijät ovatkin parhaat kertomaan miten kokoonpanosta saadaan toimiva kokonaisuus. Opinnäytetyöstä ei käy ilmi taustatöitä, kuten leikkurivaihtoehtojen tutkimista sekä tuotantoon perehtymistä. Lisäksi opinnäytetyöstä täytyi jättää joitain yksityiskohtia pois, jotta raportin lukeminen olisi selkeä kulkuista.

## LÄHTEET

Agco Power 2022a. Agco-konserni. Viitattu 30.12.2022.

<https://www.agcopower.com/fi/yritys/agco-konserni/>

Agco Power 2022b. Tuotantopaikat. Viitattu 30.12.2022

<https://www.agcopower.com/fi/yhteystiedot/tuotantopaikat/>

FinnPower 2023. Inserting IM2. Viitattu 15.3.2023.

<https://finnpower.fi/products/inserting/im2/>

Gillard Cutting 2022a. Braid-Cut MT. Viitattu 19.12.2022.

<https://www.gillardcutting.com/products/braid-cut-for-ptfe-stainless-steel-braided-hose/>

Gillard Cutting 2022b. Loop control devices for automatic extrusion speed control. Viitattu 19.12.2022.

<https://www.gillardcutting.com/products/ultra-sonic-sonar-loop-control-device>

Gillard Cutting 2022c. Motorised drum pay-off with sonar loop control. Viitattu 19.12.2022

<https://www.gillardcutting.com/products/motorised-drum-de-coiler-with-sonar-loop>

Gillard Cutting 2022d. Vertical lift de-coiler unit. Viitattu 19.12.2022.

<https://www.gillardcutting.com/products/vertical-lift-de-coiler-unit>

Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

Kardex 2023. Vertical lift module. Viitattu 13.3.2023

<https://www.kardex.com/en/products/shuttle-vertical-lift-modules#kardex-shuttle-models>

Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova Oy.

Lapinleimu, I. 2007. Ideaalitehdas: tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. 2. hiukan korj. p. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Liker, J.K. & Niemi, M. 2006. Toyotan tapaan. 1. painos. Helsinki: Readme.fi.

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänä, J. 2018. Teollisuustalouden kehittyvässä liiketoiminnassa. 1.–2. painos. Keuruu: Edita Publishing Oy.

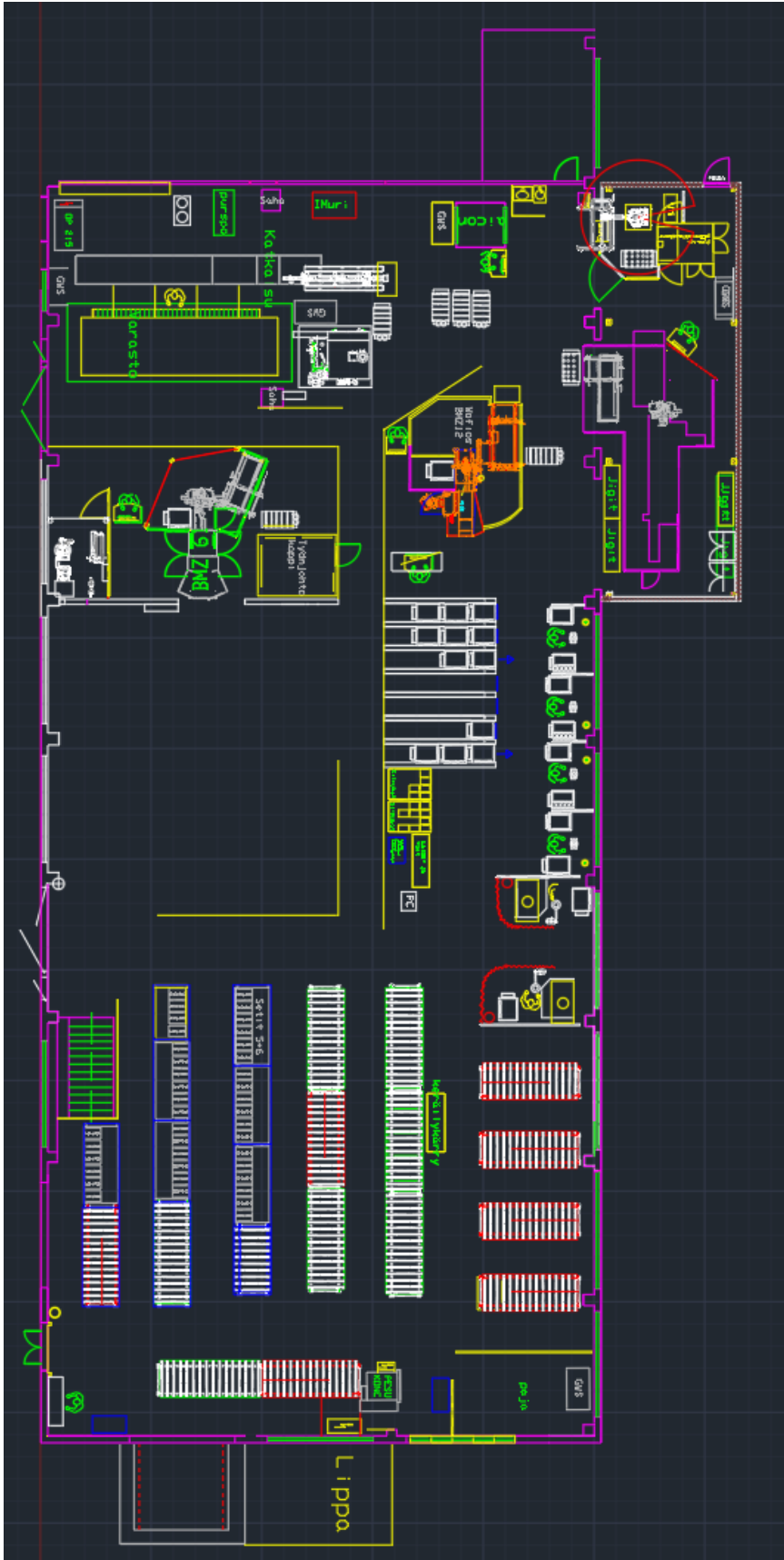
Modig, N., Åhlström P. & Tillman, M. 2019. Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 1. painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Slack, N., Chambers, S & Johnson, R. 2010. Operations management. 6. painos. Lontoo: Pearson Education Limited.

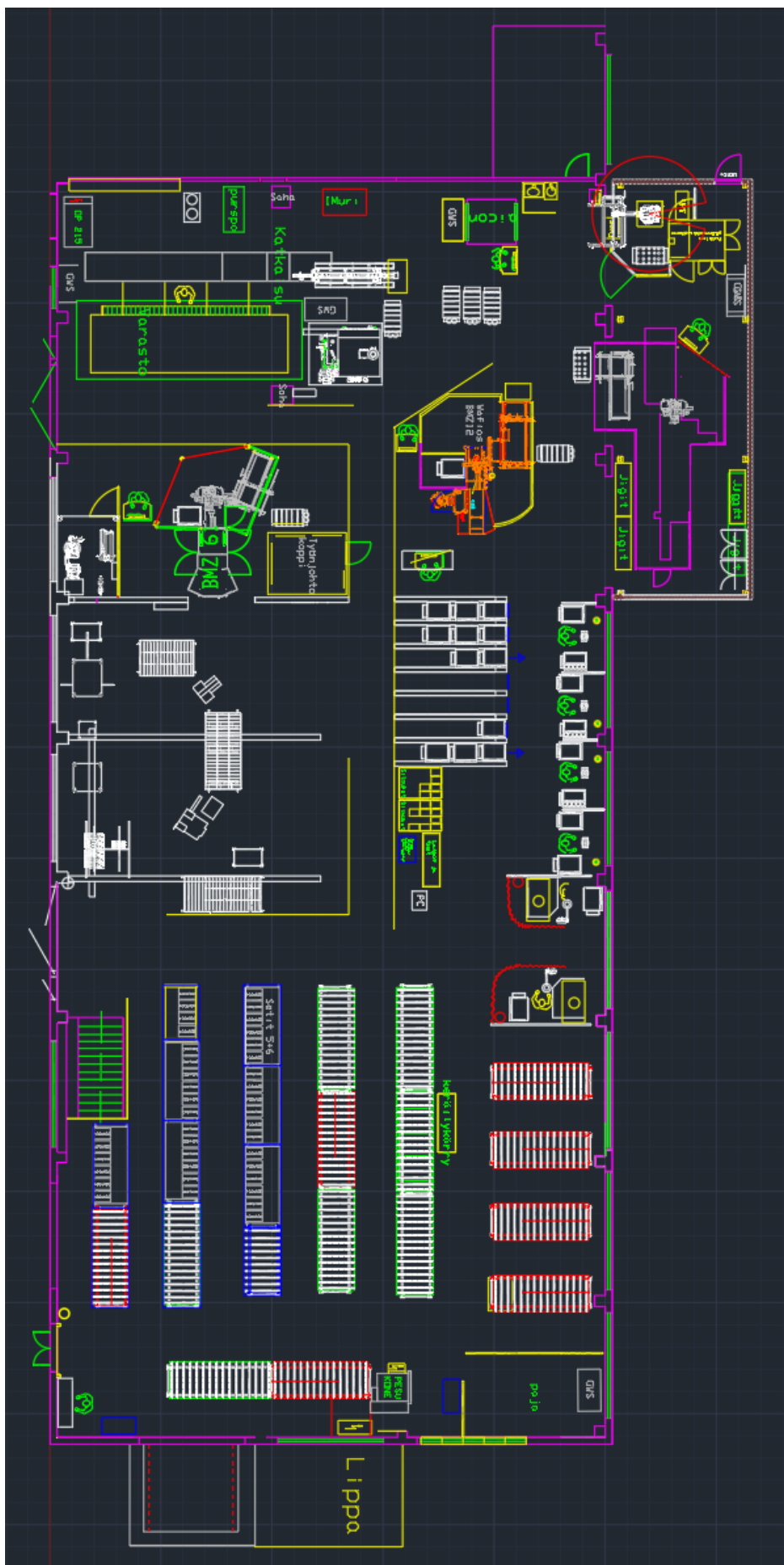
Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. 2007. The machine that changed the world: how lean production revolutionized the global car wars. Uusi painos. Lontoo: Simon & Schuster.

## LIITTEET

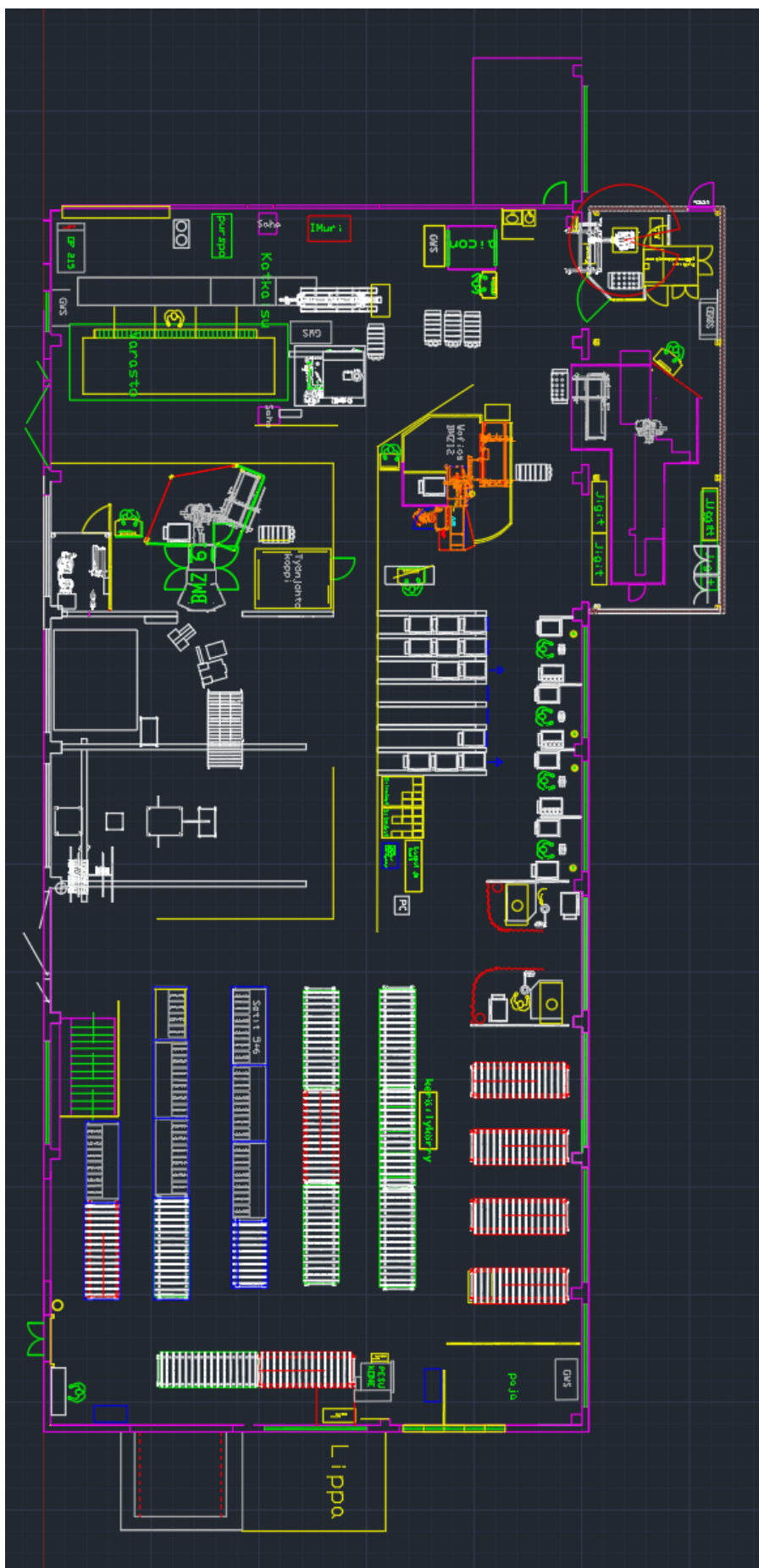
Liite 1. Alkuperäinen layout



## Liite 2. Layout läpivirtaushyllillä



## Liite 3. Layout automaattivarastolla



## Liite 4. Layout kärryillä

